

Trabajo Fin de Máster
En Profesorado de E.S.O., F.P. y Enseñanzas de
Idiomas, Artísticas y Deportivas
Especialidad de Física y Química

Transmitir, adaptarse y evolucionar

Transmit, adapt and evolve

Autor

Pablo López Nieto

Directora

Isabel Iranzo Navarro

FACULTAD DE EDUCACIÓN
Curso 2018/2019

ÍNDICE

1. Introducción	2
2. Justificación de los trabajos escogidos.....	6
3. Presentación de los trabajos seleccionados.....	14
4. Reflexiones.....	25
5. Conclusiones	30
6. Bibliografía.....	33

1. Introducción

“Mejor que mil días de estudio diligente es un día con un gran maestro.”

– Proverbio japonés.

Si ponemos la mirada en la literatura y el saber popular, los maestros y profesores están valorados como un pilar clave de la sociedad. Sin embargo, en el imaginario colectivo actual ha irrumpido con fuerza una mentalidad de desprestigio de la profesión docente. La docencia (sobre todo a nivel de Primaria y Secundaria) está considerada como una profesión de segunda en la cual se trabaja poco, se descansa mucho y puede suponer una vía fácil de escape si han fallado el resto de las opciones.

El trabajo de Fin de Máster que aquí se presenta pretende realizar una reflexión sobre la práctica docente y sus singularidades que se fundamente en la experiencia vivida en el Máster de Profesorado. Personalmente, en mi caso la realización del máster no ha respondido a ningún cambio de guion o perspectivas de futuro sencillas, pues desde que tengo uso de memoria he encontrado una satisfacción plena en el arte de enseñar. De tal manera, cuando finalicé mis estudios de Secundaria tuve claro que no pasaría mucho tiempo hasta que volviera a pisar un aula de ESO o Bachillerato.

Estudí el grado en Química convencido de encaminarme a la docencia en el campo de la Física y la Química, pero dejando la puerta entreabierta por si el mundo de la investigación científica intentaba convencerme. No lo consiguió, de modo que no se alteraron mis planes iniciales de realizar este Máster para formarme y adentrarme en el terreno de la enseñanza.

Comencé a cursar el Máster buscando una reafirmación de mi vocación, así como algunas respuestas a la pregunta “¿cómo ser un buen profesor?”. Poco me esperaba que para responder a esta pregunta sería necesaria la formulación de más incógnitas que no tienen una sola respuesta correcta, sino que es la reflexión sobre ellas la que aporta una respuesta en cada caso particular.

El Máster no ha sido el primer contacto que he tenido con la enseñanza, ya que he impartido clases particulares en diferentes niveles, pero desde luego sí que ha sido el más completo y auténtico. En las clases particulares resulta más fácil hacerse una idea de las dificultades del alumno y acomodarse a ellas, pero en las clases reales de instituto no es tan sencillo adaptarse a las distintas dificultades y características de 30 estudiantes a la vez.

Aquí comienza una de las primeras preguntas que este Máster me ha llevado a plantearme: ¿cómo adaptarnos y atender correctamente a la diversidad que presentan nuestros alumnos? Puigdemívol (2007) engloba esta diversidad de los alumnos en el aula en cuatro grandes vertientes y en las combinaciones de las mismas:

- **Vertiente actitudinal:** Conviven en el alumnado de secundaria alumnos con actitudes y percepciones muy diferentes sobre la importancia de sus estudios y la repercusión que puedan tener en su futuro. También podríamos incluir en esta vertiente el apartado motivacional.

- **Vertiente cultural:** En esta rama encontramos que cada vez los alumnos proceden de más culturas distintas. Este tipo de diversidad puede suponer diferencias de hábitos, valores y en ocasiones de comportamientos. En determinados casos, a las diferencias culturales las acompaña el desconocimiento o escaso dominio de la lengua vehicular del centro.

- **Vertiente académica:** Relacionada con el nivel de aprendizaje del alumnado. Muchos estudiantes acuden al centro presentando fuertes lagunas en determinados campos, sobre todo en habilidades básicas como la comprensión lectora o la capacidad de razonamiento matemático.

- **Vertiente referida a las capacidades:** Cada vez con mayor frecuencia encontramos en las aulas alumnado con discapacidades físicas o psíquicas.

Mucho se ha teorizado y discutido sobre las diferentes maneras de atender a esta diversidad existente. La falta de orientaciones claras en la legislación dota de cierta libertad a los centros para llevar a cabo las medidas que estimen oportunas. El profesor, en cualquier caso, debe ser capaz de mostrar flexibilidad ante las circunstancias cambiantes de su alumnado sin por ello renunciar a ofrecerles una educación digna y de calidad.

De esta manera nos encontramos con otra de las grandes incógnitas del profesorado: ¿qué debería enseñar a sus alumnos para proporcionarles una formación de calidad? Se da por hecho que los docentes, graduados o licenciados, gozan de una cierta maestría en los conceptos que el currículo oficial establece en ESO y Bachillerato. Sin embargo, “saber” no implica “saber enseñar”.

Desde los años 80 se han realizado numerosas propuestas para categorizar los diferentes tipos de conocimientos e incorporar este saber en la tarea docente. Una de las

maneras de pensar más aceptadas es la de Shulman (1986), que distinguió tres tipos de conocimiento en la mente de los profesores:

- A. El conocimiento del contenido.
- B. El conocimiento didáctico del contenido.
- C. El conocimiento curricular.

Del conocimiento didáctico del contenido dice que es aquel que, sin dejar de lado el contenido temático de la asignatura, está en la dimensión del conocimiento para enseñar. También incluye un entendimiento de las concepciones previas que poseen los estudiantes: lo que se conoce como ideas alternativas. Shulman explicita que los docentes *“deben tener a mano un verdadero armamento de formas alternativas de representación, algunas derivadas de la investigación mientras que otras se originen en la sabiduría de la práctica”*. Este tipo de conocimiento es el más difícil de obtener y a la vez el que más va a evolucionar en la vida de un docente: al enfrentarse cada vez a más alumnos se va teniendo constancia de cuáles son los patrones predominantes en los alumnos y qué estrategias surten mejor efecto para cada grupo determinado.

Y con esto se introduce un tercer dilema del docente: ¿de qué manera enseñar a los alumnos? ¿Qué estrategias utilizar, qué metodología usar? Aquí es donde comienzan a separarse las distintas ramas del conocimiento: no puede enseñarse de la misma manera Latín que Matemáticas. En el caso de la Física y la Química, dada la naturaleza altamente experimental de los contenidos del currículo cabría esperar que las prácticas de laboratorio fueran la metodología principal a la hora de enseñarlos en un instituto. Pero en la realidad no ocurre así.

Hodson (1994) realiza una crítica a la idea de tomar el trabajo de laboratorio como el más válido en la que concluye que, pese a que es indispensable su utilización para un correcto aprendizaje, no siempre ayuda a comprender mejor los conceptos científicos. Además, muchas veces el laboratorio presenta un problema añadido para los profesores, quienes tienen que encargarse de que una treintena de chavales de 15 años guarden cierto orden en unas instalaciones a menudo demasiado pequeñas.

En algunas ocasiones, estos hechos se traducen en la no realización apenas de actividades prácticas, centrándose en las clases teóricas, que no por monótonas son menos imprescindibles para la formación de los alumnos. Lo comprobé yo mismo durante mis años de alumno de ESO y Bachillerato. Pero existen otros tipos diferentes de actividades prácticas que un docente de Química puede combinar con las clases teóricas: análisis de

casos, entrevistas, debates, investigaciones... y, en estos tiempos digitales en los que vivimos, también encontramos el uso de las TIC para dar clase de Física y Química.

Utilizar las TIC en el aula proporciona la gran ventaja de ayudar al alumnado a comprender conceptos difíciles, abstractos o imposibles de observar a simple vista. Por otra parte, gracias al uso de las TIC, estudiantes discapacitados o con determinadas dificultades de aprendizaje pueden aprender química través de estas “rampas” tecnológicas (Daza et al, 2017). Entre sus mayores aplicaciones destacan la elaboración de materiales de apoyo, las simulaciones por ordenador y la facilidad de realizar proyectos a escala internacional.

Durante el transcurso de este Máster he tenido ocasión de reunir un banco de actividades prácticas fáciles de llevar a cabo con los estudiantes, de adentrarme en el mundo de la investigación didáctica y de confirmar que existe mucho más en esta profesión de lo que se deja ver. De la misma manera, he tenido la oportunidad de volver a un centro de enseñanza secundaria, pero esta vez como profesor, y de comprobar lo diferente que resulta todo cuando se enfoca desde el lado del docente. Esto ha sido posible debido a la realización de los tres Prácticums, que en mi caso tuvieron lugar en el centro Santo Domingo de Silos.

Pero lo que más destaco de la realización de este Máster ha sido la toma de conciencia sobre los distintos agentes que se ponen en juego en un proceso de enseñanza-aprendizaje y el desarrollo de diferentes habilidades personales útiles a la hora de motivar, enseñar y llegar a los alumnos. Porque transmitir un conocimiento es importante, pero no podemos olvidarnos nunca que tanto el actor que enseña como aquel que aprende somos, antes que nada, personas. Como dice una frase popularmente atribuida al psiquiatra Karl Menninger, *“Lo que el maestro es, es más importante que lo que enseña”*.

2. Justificación de los trabajos escogidos

Durante este Máster se han realizado numerosos trabajos, ya hayan sido en grupo o individuales. Personalmente, esto ha supuesto un cambio sustancial en mi manera de afrontar el curso, puesto que desde siempre he estado acostumbrado a realizar menos trabajos y más exámenes. Una vez he experimentado ambos métodos de evaluación no me atrevería a señalar uno como mejor o más útil que otro.

Muchas veces se tiene la falsa creencia de que un examen es necesario para evaluar el conocimiento sobre una asignatura. Sin embargo, está comprobado que los exámenes suponen una gran presión sobre el estudiante, y pueden llegar a suponer un “*aprendizaje superficial*” en el cual el estudio por parte del alumno no está encarado a adquirir competencias, sino a aprobar el examen (López y Carrera, 2016). Personalmente, esta experiencia me ha enseñado que se puede aprender mucho sin necesidad de llevar a cabo un examen final.

La realización de estos trabajos me ha servido de gran ayuda para el mejor entendimiento de algunos conceptos claves para este Máster. Buena parte de este éxito se debe a las diferencias a la hora de realizar, presentar, exponer y estructurar los mismos. Con el objetivo de justificar mi elección de los dos trabajos que conforman este trabajo de Fin de Máster, haré un pequeño recorrido por los trabajos más destacados que he llevado a cabo a lo largo de la titulación.

En el primer cuatrimestre fueron seis los grandes trabajos que realizamos, no sólo por la extensión, sino más bien por el esfuerzo y la dedicación invertida. En ellos nos demandaron cosas muy distintas, todas útiles para el correcto conocimiento de la profesión docente.

Nombraré primero la asignatura de “Interacción y Convivencia en el Aula”, ya que dos de los seis trabajos que he destacado, ambos de carácter grupal, pertenecen a ella. En el primero de ellos se nos demandó hacer una introducción teórica sobre la autoestima y la motivación en alumnos de Secundaria. Posteriormente, a través de la realización de cuestionarios a adolescentes de nuestro entorno, se nos pidió interpretar los datos y diseñar una sesión de tutoría para el grupo en general, así como un análisis de un caso individual. El segundo de los trabajos, enmarcado en la psicología social, requería la creación, desarrollo y seguimiento de una dinámica de grupo para fomentar la interacción y comunicación en el aula. De estos dos trabajos destaco que fueron mi primera toma de contacto con las normas APA (puesto que fueron los primeros en realizarse), pero también

con el mundo de la psicología, dada la naturaleza cercana a la psicología de esta asignatura.

El tercer trabajo a destacar, también grupal, es el de la asignatura de “Procesos de Enseñanza-Aprendizaje”. En él, se nos pidió diseñar una propuesta de actuación dirigida a las necesidades de un grupo de alumnos. Y en la misma línea, pero a mayor escala, se encuentra el trabajo de “Diseño Curricular”, este ya individual, en el que debíamos realizar una programación didáctica entera. Estos dos trabajos nos enseñaron a comprobar toda la legislación que tiene detrás la tarea docente. Desde mi punto de vista, pienso que gran parte del desprestigio a la actividad docente disminuiría si se tuviera constancia de la enorme cantidad de legislación que encorseta, agobia y en ocasiones corta las alas al profesorado.

El quinto trabajo es el de “Fundamentos de Diseño Instruccional”, en mi caso de Física y Química. Este trabajo individual tenía un carácter más libre en cuanto a contenido, ya que se podía elegir entre diferentes temáticas; pero más rígido en el formato, debido a que se nos entregó una plantilla a la que tuvimos que ceñirnos. En mi caso, afronté este trabajo como el estudio de la transposición didáctica de los contenidos científicos a través del lenguaje. Para ello, realicé un análisis de un libro de texto de Física y Química de tercer curso de ESO que sigue en uso actualmente (*Inicia Dual Física y Química 3 ESO*, editado por Oxford University Press España en 2015). Este fue el primer trabajo enfocado puramente a la Física y Química, en contraposición con el resto de los trabajos del primer cuatrimestre, más orientados a aspectos básicos o transversales.

El sexto y último trabajo del primer cuatrimestre que me gustaría destacar es el del Prácticum I. En él, se nos pidió analizar diferentes características relativas a la legislación y los documentos institucionales de nuestros respectivos centros de prácticas. Este trabajo, de carácter individual, nos permitió comprobar hasta qué punto las directrices marcadas por la legislación tienen un efecto real en los centros de secundaria. Para mí este trabajo supuso un punto de inflexión en el Máster, ya que conllevó el cambio de un punto de vista teórico a una mirada práctica a los centros reales de enseñanza.

Del segundo cuatrimestre quiero destacar cuatro trabajos. Nombraré el primero al de la asignatura optativa por ser el más diferente. En la asignatura de “Recursos Didácticos para la Enseñanza de Materias en Lengua Extranjera (Inglés)” se nos pidió realizar por grupos de tres una unidad didáctica en inglés sobre un tema de nuestra especialidad. Este trabajo supuso todo un reto, ya que teníamos que incluir un plan de actividades que siguiera una metodología CLIL (*Content and Language Integrated Learning*), en castellano AICLE (Aprendizaje Integrado de Contenidos y Lenguas

Extranjeras). Este tipo de metodología es común en lingüística, pero no me había sido introducida hasta este momento, y la verdad es que me alegro de haber escogido esta asignatura optativa por haberla descubierto.

Desde luego, no puedo pasar por alto el eje central de este segundo cuatrimestre: los Prácticum II y III. Ese mes en los centros, resultante de la unión temporal de los Prácticums II y III, ha sido para mí el más gratificante del Máster y del que más enseñanzas he sacado. Como apunta Esteve (2013), *“continúa existiendo al respecto una frontera entre lo que los estudiantes viven, experimentan y observan en el período de prácticas en los centros escolares y lo que les proporcionan los módulos teóricos”*.

En el informe correspondiente al Prácticum II debíamos recoger una memoria de las actividades realizadas en dicho período de prácticas, así como un estudio comparativo entre dos cursos diferentes. Para este trabajo se precisaba la observación de las actividades y dinámicas que tenían lugar en el mes que estuvimos en los centros de secundaria y unas reflexiones acerca de las experiencias vividas.

Por su parte, en el trabajo relativo al Prácticum III, común con la asignatura de “Evaluación e Innovación Docente”, se precisaba la realización de forma individual de un Proyecto de Innovación Docente (a partir de ahora, PID). Dicho PID consistía en el diseño y posterior realización en las aulas de secundaria de un proyecto de evaluación, innovación o investigación. Este trabajo fue el que más complejo me resultó de abordar en todo el Máster ya que por primera vez mi trabajo no sólo me involucraba a mí (o a mi grupo), sino que había una serie de alumnos del centro cuyo aprendizaje se iba a ver significativamente modificado según si realizaba mi PID correctamente o no.

El último trabajo que me gustaría destacar es el correspondiente a la asignatura de “Diseño, Organización y Desarrollo de Actividades”. En él se nos pedía diseñar un Proyecto Didáctico (PD) que comprendiera una secuencia de actividades de enseñanza-aprendizaje correspondientes a la asignatura de Física y Química. Para ello, era necesario realizar un análisis didáctico del contenido que concluyera con una determinación y secuenciación de los objetivos de aprendizaje. Relativos a esos objetivos se diseñarían las correspondientes actividades de enseñanza-aprendizaje.

No han sido estos todos los trabajos que he realizado en este Máster, pero sí los que, por un motivo u otro, he creído conveniente destacar. Llegados a este punto, y tras haber efectuado esta pequeña revisión, resulta más sencillo elegir y justificar adecuadamente qué dos trabajos van a formar parte de este TFM. En concreto, se trata de los dos últimos trabajos nombrados: el PID y el PD.

La elección no se debe a un único argumento, sino que podría esgrimir varios en favor de estos trabajos. Por un lado, han sido dos trabajos de los más costosos, tanto a nivel de amplitud como sobre todo de horas dedicadas. Por otra parte, ambos trabajos se encuentran ubicados al final del Máster, sirviendo como compendio y síntesis de todo lo aprendido en el mismo.

Sin embargo, pese a presentar estos puntos en común, cada uno de ellos muestra determinadas particularidades individuales que les hacen idóneos para ser desarrollados en este TFM. El PID supone la culminación al aspecto más práctico de este Máster, la toma de contacto con el mundo real de las aulas de secundaria. Este proyecto, en conjunto con los propios Prácticums, pone de manifiesto la solvencia que cada estudiante del Máster posee delante de una clase de Secundaria y/o Bachillerato, y tiene que servirle como autoevaluación para ver hasta qué punto está preparado para ejercer la profesión docente.

Podríamos decir que la realización del PID, o más bien la sensación que deja en el profesor en prácticas, es el verdadero motor de este Máster, el encargado de regular quiénes están capacitados para ejercer y quiénes no. A la vista de esta reflexión, sería todo un error por mi parte el hecho de no incluirlo en este TFM.

Por su parte, el PD tiene el honor de ser el último de los grandes trabajos, puesto que fue el último que realicé, entregué y expuse. En esencia, un proyecto didáctico no deja de ser un proyecto similar al PID, ya que se requiere la justificación y a la vez secuenciación de una serie de dinámicas. Sin embargo, en esta secuencia volvemos otra vez al ámbito teórico en el que nos habíamos movido antes del Prácticum.

Esta diferencia es el motivo que me ha hecho decantarme por la elección del PD: no es un trabajo teórico como el que podríamos haber hecho en el primer cuatrimestre, sino que partíamos de un punto de vista teórico al comienzo del Máster, pasamos a una perspectiva práctica con los Prácticums y el PID y finalmente volvimos a un enfoque teórico con este trabajo, habiendo interiorizado las reflexiones que llevamos a cabo en las prácticas. Mientras estaba realizando el PD me di cuenta de lo mucho que había influido en ese trabajo mi paso por un centro real, y esta es la principal razón para escogerlo para formar parte de este TFM junto al PID.

Pasemos ahora a hablar de las particularidades de cada uno de los dos trabajos. Realicé el PID orientado a la asignatura de Física y Química en una clase de 4º de ESO, concretamente sobre el tema de los enlaces químicos, dado que era uno de los grupos a los que mi tutor del centro impartía y puesto que me parece un curso realmente importante

para la asignatura. Este curso se trata del primero en el cual la materia no es obligatoria, por lo que cabría esperar que los alumnos presentaran una cierta motivación ante su estudio (hecho que, desafortunadamente, descubrí durante las prácticas que no era cierto). Sí que aumenta considerablemente el número de horas totales dedicadas a ella (de dos a la semana en 3º a tres en 4º), y por ende los diferentes contenidos que cubre. Además, frecuentemente es en 4º cuando comienza a verse una convivencia entre la Física y la Química, ya que el currículo aragonés, regido por la Orden ECD/489/2016, realiza una separación clara en el resto de la ESO entre Física, que aparece prácticamente aislada en 2º; y Química, que hace lo propio en 3º.

El objetivo principal del PID, más allá del hecho de impartir clase por primera vez en un centro de enseñanza secundaria, es el de plantear una innovación educativa respecto a lo que ya se está haciendo en el propio instituto. Muchos docentes se muestran reacios a la idea de innovar, y es que no vale cualquier innovación. Como constata Reyes (2000):

Vivir en un contexto que premia desmesuradamente la novedad conduce a la tentación de considerar que todo cambio es bueno en sí mismo. Y como esa consideración relaja sensiblemente nuestra exigencia crítica, nos predispone a aceptar de mejor grado y sin cuestionamiento alguno propuestas exógenas de utilidad e interés escasamente contrastados.

De Haro (2009) profundiza en la misma idea, expresando que “no tiene ningún sentido la innovación si con más esfuerzo se va a obtener el mismo resultado que antes o, con el mismo trabajo, resultados de peor calidad”. También esboza unas pinceladas acerca de cómo han de medirse estos resultados, rechazando que el aprendizaje se pueda cuantificar mediante exámenes de tipo memorístico o mecánico.

Llegamos con estas ideas a los fundamentos de la innovación: ha de realizarse con unos objetivos concretos y su grado de eficacia ha de ser comprobable. Aquí interviene la segunda parte del PID: la evaluación. ¿Cómo medir el aprendizaje? Mucho se ha escrito e investigado sobre las distintas formas de evaluación, sobre todo en los últimos tiempos. Algunos autores (Rodríguez Gallego, 2003) diferencian cuatro tipos de evaluación:

- a) **Evaluación inicial:** que mide el grado de adquisición de los prerrequisitos de aprendizaje, las ideas o modelos alternativos y las representaciones que se hacen de las tareas que se proponen.

- b) **Evaluación procesual o formativa:** la que acompaña al proceso de enseñanza-aprendizaje, consistiendo en una adecuación del proceso de enseñanza a las necesidades y progresos de los estudiantes.
- c) **Evaluación sumativa:** trata de valorar el grado de consecución por cada alumno de los objetivos propuestos en un determinado proceso de enseñanza-aprendizaje.
- d) **Metaevaluación:** se trata de una evaluación del propio proceso de evaluación, tratando de averiguar hasta qué punto la evaluación se ha mostrado útil. Se tienen en cuenta factores como la coherencia, idoneidad, dificultades encontradas, grado de éxito...

A la hora de la verdad, parece haber cierta dificultad en definir lo que realmente implica la evaluación, así como en separarla de otro concepto: la calificación. Algunos autores (Ruiz Córdoba, 2009) entienden la evaluación como la emisión de un juicio (apoyado en mediciones y en la confrontación con los objetivos), con la finalidad de tomar decisiones al respecto. El juicio que resulta del proceso evaluativo necesita ser comunicado, siendo la calificación la que asume ese rol comunicativo, a través de símbolos numéricos, escalas, conceptos o descripciones.

Otros estudios (Alonso, Gil Pérez y Martínez Torregrosa, 1996) se muestran críticos con el papel de la calificación en la actualidad, ya que explican que *“La calificación no puede tener, como a menudo ocurre, una función comparativa y discriminatoria, en la que la valoración de un estudiante depende de los resultados de los demás”*. También razonan que, para que un alumno se vea motivado a progresar, dicha calificación *“ha de ir acompañada, en caso necesario, de propuestas de actuación para su mejora”*.

Resulta evidente que, debido a nuestra corta estancia en los centros de secundaria, no podemos realizar evaluaciones de todo un curso. Como máximo, podemos proponer una pequeña evaluación de la unidad que hayamos impartido a los alumnos y a la cual haga referencia el PID. En mi caso, se incluyó una evaluación de tipo inicial y otra de tipo sumativo, en forma de examen teórico.

Pese a partir en un principio de perspectivas muy similares, resulta muy distinto el caso del otro trabajo aquí incluido, el proyecto didáctico. La primera diferencia radica en el curso elegido: ya no se trata de 4º de ESO, sino de 3º. No parece un gran cambio al tratarse de solamente un año, pero en realidad sí que lo es. En primer lugar, como ya

mentoné anteriormente, el currículo aragonés establece que en 3º de ESO mayormente se vea la parte de Química, dejando apartada la Física durante ese tiempo. Además de eso, la asignatura de Física y Química en 3º de ESO entraña una dificultad de planteamiento, puesto que si bien representa un curso intermedio en el que se añade una capa de complejidad a algunos conceptos introducidos en 2º que será ampliada en 4º, a su vez es necesaria la presencia de cierto carácter concluyente debido a que algunos alumnos no elegirán la asignatura en 4º curso.

Otra de las diferencias que supone con respecto al PID es la libertad a la hora de proponer dinámicas: mientras que en el PID era yo el que tenía que adaptarme a la disponibilidad que tenía con los alumnos, en el PD dispuse de la autonomía necesaria para plantear aquellas actividades que consideré oportunas. Para ese fin, se realizó un análisis de los contenidos académicos del tema propuesto (los cambios químicos) según el currículo oficial, así como un análisis didáctico en el que se ponían de manifiesto algunas de las ideas previas de los alumnos presentes en la bibliografía.

Dado que realicé la secuencia de actividades como relativa a un bloque o trimestre en lugar de sólo a un tema, se tuvieron en cuenta aspectos más variados relacionados con la consecución de los diferentes objetivos de los que se han podido considerar en el PID. Por ejemplo, intenté no ceñirme a experiencias prácticas, sino incluir también la comprensión de términos y conceptos teóricos. Gardner (1974) realiza una clasificación sobre los términos científicos en la educación que posteriormente amplía Quílez (2015):

- a) Palabras técnicas que sólo tienen existencia dentro del contexto científico: entalpía, mol, cátodo, rutenio, etc.
- b) Palabras técnicas que poseen varios significados (normalmente, el cotidiano y el científico): polar, trabajo, calor, positivo, aromático, etc.
- c) Palabras técnicas cuyo significado ha experimentado una evolución a lo largo de la historia o que poseen distintos significados dependiendo del contexto científico en el que se emplean: átomo, equilibrio, valencia, oxidación, etc.
- d) Palabras no técnicas que también pueden usarse en el lenguaje cotidiano con matices diferentes o de uso reducido en la actualidad: exceso, emisión, detección, criterio, etc.
- e) Palabras no técnicas que se usan como conectores lógicos: sin embargo, no obstante, en consecuencia, etc.

El propio Quílez reconoce la importancia de ser paciente a la hora de introducir los nuevos términos al alumnado y aconseja asentar primero las ideas y después los términos científicos, ya que explicita que “se puede afirmar que los nuevos significados suponen para los alumnos el aprendizaje de una nueva lengua”.

La dificultad de comprensión de muchos de los conceptos científicos, que implican niveles de abstracción superiores a los que en ocasiones poseen los alumnos de secundaria, retroalimenta su falta de motivación respecto al estudio de las ciencias. Con el objetivo de paliar esta disminución de motivación, que también observé en el Prácticum, es con lo que encaro mi Proyecto Didáctico.

3. Presentación de los trabajos seleccionados

1. Proyecto de Innovación Docente: el enlace químico (4º ESO)

Este Proyecto de Innovación Docente pretende describir la metodología utilizada para el desarrollo de una unidad didáctica relativa al enlace químico. El centro en el que se llevó a cabo fue en la Obra Diocesana Santo Domingo de Silos, en concreto, en una clase de 4º ESO de 25 alumnos. Debido a tratarse de un grupo bastante hablador, hecho que repercute tanto en su atención como en su rendimiento y sus calificaciones, se intentó captar su atención mediante el uso de TICs, como presentaciones, vídeos, simulaciones y la aplicación Kahoot.

El objetivo principal de este trabajo para mí como alumno del Máster es demostrar que poseo las habilidades necesarias para impartir una unidad a un grupo real de Secundaria. Además, también pone a prueba mi capacidad de adaptación, puesto que es necesario tener en cuenta el conocimiento y las circunstancias de los alumnos en cada momento para explicar de una manera consecuente.

En cuanto a los objetivos de los alumnos, se centraban en aprender los aspectos básicos de los enlaces químicos: tipos de enlace entre átomos, características de cada uno, polaridad de moléculas, enlaces intermoleculares... Los estudiantes fueron avisados de que al término de la unidad se realizaría un examen de tipo teórico correspondiente a este tema y al inmediatamente anterior (átomos y sistema periódico). Debido a ello, durante mis explicaciones en clase fueron numerosos mis recordatorios y menciones a esta unidad.

Al comienzo de la primera sesión, les propuse a los alumnos un cuestionario inicial, con el objetivo de utilizar las ideas alternativas o carencias evidenciadas (así como otras obtenidas de estudios sobre este tema en este nivel) para mejorar mis clases. Este cuestionario dejó una serie de conclusiones:

- 1) Muchos de los alumnos recordaban el nombre del enlace iónico y del covalente, pero ninguno era capaz de hablar del metálico.
- 2) Ninguno de ellos conocía los fundamentos de la polaridad ni de la solubilidad.
- 3) La mayoría de los estudiantes sabía que los átomos se unen para conseguir una configuración electrónica de gas noble, pero no todos ellos asociaban este hecho con un aumento de estabilidad.

El proyecto de innovación docente se puso en práctica a lo largo de 2 semanas, lo que corresponde a 6 sesiones, que se organizaron tal y como sigue:

Tabla 1 *Distribución de las sesiones*

Sesión	Finalidad	Lugar
1 ^a	Cuestionario inicial + Introducción al enlace químico + Definición enlace iónico	Aula de clase
2 ^a	Propiedades enlace iónico + Definición enlace covalente + Propiedades del enlace covalente I	Aula de clase
3 ^a	Propiedades del enlace covalente II + Definición enlace metálico + Propiedades enlace metálico + Repaso global	Aula de clase
4 ^a	Repaso general átomos, sistema periódico y enlace químico (Kahoot)	Aula de informática
5 ^a	Examen átomos, sistema periódico y enlace químico	Aula de clase
6 ^a	Corrección examen + Inicio práctica formación moléculas + Evaluación	Aula de clase

Las tres primeras sesiones se planearon en el aula de clase, con los alumnos dispuestos de manera ordinaria sentados solos o por parejas según acostumbran en el resto de asignaturas. Estas sesiones se programaron como clases teóricas apoyadas en una presentación PowerPoint que elaboré y posteriormente proyecté en el aula. Además de los contenidos escritos, empleé imágenes, vídeos y un par de simulaciones de enlaces químicos. Utilicé los recursos propios del aula (ordenador, pizarra, proyector, pizarra digital...), mientras que el libro de texto sólo fue usado de manera puntual para realizar un par de ejercicios aclaratorios. Planteé las clases teóricas de forma que involucraba a los alumnos en el tema dado. La interacción con ellos era continua, ya que les lanzaba preguntas constantemente para cerciorarme de que habían estado atentos o para averiguar posibles ideas alternativas que tuvieran.

También intenté, en la medida de lo posible, aportar al aula diversos ejemplos prácticos de los conceptos que se estaban introduciendo: pese a que puede resultar complejo en un tema tan teórico como el del enlace químico, sí que encontré en el laboratorio del centro distintos tipos de cristales iónicos, así como unos modelos moleculares que utilizamos para observar de manera tridimensional la diferencia estructural entre el grafito y el carbono.

Los alumnos se mostraron por lo general bastante atentos y participativos en estas sesiones teóricas, hecho que me sorprendió bastante. Tampoco hablaron entre ellos tanto como tenía pensado que harían, aunque a ese hecho también contribuyó que el profesor seguía presente mientras yo daba las clases. Tanto al principio de cada una de las sesiones como al final de las mismas reservaba un tiempo para preguntar dudas. En la última de las sesiones teóricas les mandé una hoja con pequeños ejercicios de repaso que corregiríamos en la cuarta sesión.

La cuarta sesión se planeó como una clase de repaso, ya que era la última antes del examen. Con el fin de hacer el repaso más ameno e incluso captar la atención de los que no habían empezado a estudiar decidí utilizar la plataforma Kahoot. Para ello, elaboré previamente un cuestionario de 25 preguntas sobre los contenidos del examen que les propuse resolver. Realizamos esta sesión en el aula de informática debido a la estricta prohibición del centro respecto al uso de teléfonos móviles en el aula.

Para esta actividad dispuse a los alumnos en parejas, ocupando cada pareja un ordenador, para un mejor aprovechamiento de los recursos del aula. Los alumnos tenían 20 segundos para responder a cada una de las 25 preguntas propuestas. Para ello, tenían que elegir la respuesta correcta de entre 4 opciones diferentes, ganando puntos según el número de aciertos y la velocidad con la que respondían. Debido al corto lapso de tiempo de respuesta, se les permitió usar una tabla periódica a modo de ayuda.

Debido al propio funcionamiento de la aplicación, pude ver fácilmente en qué preguntas los alumnos tenían más dificultades o qué conceptos comprendían mejor. Después de que se mostraran las respuestas correctas, intervine explicando por qué la respuesta era la adecuada y no cualquiera de las demás. Incluso en varias ocasiones les pedí a ellos que lo explicaran. Esta manera de trabajar resultó muy enriquecedora para mí como profesor, ya que se recibe feedback constante, se ve dónde tienen más fallos los alumnos y dónde se ha de hacer más hincapié. Pero a la vez fue importante para los alumnos, que notaron de una manera más divertida qué conceptos dominaban y cuáles tenían que repasar más. Los resultados de dichas preguntas y su posterior discusión y explicación me llevaron a hacerme una idea general del pensamiento de la clase.

La realización del Kahoot, junto con la explicación de cada una de sus preguntas, llevó unos 40 minutos. De esta manera, se aprovecharon los 10 minutos restantes de clase para resolver dudas y corregir los ejercicios mandados el día anterior. El comportamiento de los alumnos durante la sesión fue mejor de lo que me esperaba, ya que en su mayoría se mostraron atentos y activos, preguntando dudas y respondiendo a mis preguntas. Sí se mostraron más habladores y se generó más ruido que en las clases teóricas, pero considero

que entra dentro de lo normal dada la dinámica de la actividad, y no se sobrepasó ningún límite.

La quinta sesión se dedicó a la realización de la prueba escrita, y la sexta y última sesión comenzó con el reparto de los exámenes corregidos y la corrección de los apartados que habían salido peor. Después de eso, comenzamos la primera parte de una actividad “puente” entre esta unidad didáctica y la siguiente, ya planeada por el profesor titular. Los últimos 10 minutos de esa sesión les pedí a los alumnos que valoraran, de manera anónima, la dinámica de las clases que yo les había impartido, mi manera de explicar y que comentaran cualquier mejora o queja que tuvieran. Las conclusiones obtenidas de esta valoración por parte de los alumnos son las siguientes:

Respecto a la forma de dar clase, los alumnos agradecieron la realización de la presentación PowerPoint y especialmente del Kahoot, reconociendo que son *“mejores que el libro”* y que *“ayudan a comprender mejor”*. De mi manera de explicar destacaron que no me importara repetir lo mismo varias veces si a alguno le quedaba dudas, que fui *“justo en las calificaciones”* a la hora de corregir el examen y *“con ganas de enseñar, al contrario que otros profesores”*. La principal queja que tuvieron venía dada por la falta de tiempo, y la mayoría de las recomendaciones de mejora pasaban por aumentar el número de clases.

En cuanto a la evaluación del aprendizaje de los alumnos, se llevó a cabo a través de un examen que constaba de 7 preguntas que tuve la libertad de proponer. La evolución que percibí desde antes de comenzar la sesión de repaso hasta el momento del examen se resume en los siguientes puntos:

- 1) A lo largo de las sesiones teóricas, la mayoría de los alumnos había paliado las dificultades o carencias que habían mostrado en el cuestionario inicial.
- 2) El Kahoot fue de gran ayuda para que los estudiantes comprendieran mejor diferentes conceptos, y así lo demostraron en el examen. Entre estas ideas destacan la variación del tamaño de los elementos en un grupo o período, las propiedades de los distintos tipos de enlace o la realización de forma correcta de estructuras de Lewis.
- 3) A su vez, el Kahoot sirvió para encontrar una serie de ideas que los estudiantes no habían entendido (o habían olvidado por completo) y corregirlas a tiempo antes del examen. Este objetivo se llevó a cabo a medias, ya que solamente algunos de los estudiantes respondieron correctamente a las preguntas del

examen relativas a esos conceptos. Por nombrar algunos, la influencia del tamaño de un elemento en su reactividad (distinguiendo cómo varía en metales y no metales), el orden de llenado de los orbitales y la identificación del número de protones, electrones y neutrones a partir del número atómico y másico de un elemento.

- 4) Por otro lado, encontramos algunos conceptos en los que puede que no se hiciera el suficiente hincapié o al menos en la dirección adecuada, como evidencia el hecho de que muy pocos estudiantes obtuvieron buenos resultados en esas preguntas del examen. En concreto, me refiero al hecho de que los gases nobles no forman moléculas y al concepto de fuerzas intermoleculares.

El balance final, pese a no ser demasiado positivo (12 aprobados y 11 suspensos), sí que supone una mejora respecto a la nota media de ese grupo. Los rangos de puntuaciones totales se muestran en la **Tabla 2**.

Tabla 2. *Puntuaciones totales*

Puntuación	Número de alumnos
[0, 2)	3
[2, 4)	5
[4, 5)	3
[5, 6)	4
[6, 8)	6
[8, 10]	2

En la tabla se muestra el número de alumnos que ha obtenido la puntuación que entra dentro de cada intervalo de valores establecido.

Las conclusiones que obtengo de este proyecto, y en general de la experiencia de la que formó parte, son diversas. Por un lado, me llevó a realizar una reflexión sobre la temporalización de las clases de un docente: frecuentemente, un profesor no tiene el tiempo que le gustaría tener para dar determinados contenidos, ya sea por festivos, excursiones, o bien porque el propio temario es tan extenso que no puede detenerse en detalles. En estos casos, el docente tiene que reestructurar lo que ya tenía planeado, dejar en el tintero algunas actividades que ya tenía preparadas y avanzar más rápido de lo que le gustaría. Todo ese trabajo no se ve, porque no se luce. Y no hay nada como sufrirlo en primera persona para darse cuenta de que el trabajo de profesor es mucho más que la puntita del iceberg que se ve cuando eres un alumno.

Por otro lado, en el ámbito personal, la verdad es que salí muy reforzado de esta primera experiencia como profesor ante una clase de secundaria. La vida de un docente es muy diferente a lo que se ve como alumno, y estoy seguro de que también a lo que hemos estado viendo a lo largo del Máster. Pero este proyecto afianzó aún más mis ganas de descubrirla en un futuro.

2. Proyecto Didáctico: los cambios químicos (3º ESO)

Este trabajo se basa en la propuesta y desarrollo de una secuencia de actividades de enseñanza-aprendizaje correspondientes a la asignatura de Física y Química y orientada al bloque temático de los cambios químicos, correspondiente al tercer trimestre de 3º de ESO.

El objetivo principal de este proyecto, para mí como alumno del Máster, es el de ser capaz de plantear una serie de actividades eficaces que supongan un equilibrio entre la teoría y la práctica, combinando metodologías activas con prácticas de laboratorio y reflexiones guiadas de conceptos teóricos. La dificultad de este trabajo radica en que al tratarse de un ejercicio puramente teórico es más difícil constatar el grado de cumplimiento de los objetivos, ya que no existen alumnos a los que evaluar.

A este efecto, no me ha parecido coherente la opción de realizar una prueba global para la evaluación del bloque de contenidos, sino que he intentado incluir pequeños mecanismos de obtención de feedback por parte de los alumnos con intención de regular la secuencia, ya que en muchos casos no es posible alcanzar un objetivo si no se han interiorizado los anteriores. Estos mecanismos varían según la actividad, encontrándose desde rondas de preguntas, corrección de ejercicios, entrega al profesor de informes de laboratorio o realización de un trabajo en grupo.

Tras realizar un análisis del contenido académico y de las dificultades de los alumnos se sugirió una secuenciación de objetivos didácticos concernientes a este bloque.

- 1) Distinguir entre cambios físicos y cambios químicos.
- 2) Representar correctamente una reacción química, identificando los reactivos y los productos involucrados.
- 3) Reconocer y justificar la ley de conservación de la masa.
- 4) Construir un modelo mental del mecanismo que siguen las reacciones químicas que permita justificar un aumento de la velocidad de reacción debido a distintos factores.
- 5) Realizar el ajuste de reacciones químicas sencillas.

- 6) Interpretar correctamente el concepto de mol.
- 7) Resolver diferentes ejercicios de cálculos estequiométricos sencillos.
- 8) Contextualizar la química en el mundo y asociarla con los principales problemas medioambientales y sus posibles soluciones.

Después de ello, se propuso una secuencia de actividades que se correspondieran con esos objetivos. Debido a que se trataba de un bloque entero de contenidos, y no de una sola unidad, opté por relacionar cada actividad con un objetivo en lugar de destinar varias actividades al mismo objetivo. Con esto quiero dejar claro que estas actividades no serían las únicas que habría que llevar a cabo en un contexto real, sino que cada una de ellas debería compaginarse con explicaciones teóricas y con otras actividades prácticas que permitieran reforzar lo aprendido. Las actividades son las que siguen:

Actividad 1: Cambios físicos y químicos.

- Observa los siguientes fenómenos. ¿En cuáles de ellos ha cambiado la naturaleza de las sustancias? ¿En cuáles no lo ha hecho?

- a) Al presionar un muelle, se comprime.
- b) El agua caliente que sale de la ducha se transforma en vapor de agua y empaña los espejos del baño.
- c) Un vaso de vidrio se cae al suelo y se rompe en pedazos.
- d) El hierro se oxida si se deja al aire el tiempo suficiente.
- e) Una pastilla de aspirina se disuelve en agua.
- f) En la respiración de los seres vivos, la glucosa se combina con el oxígeno y da lugar a CO_2 , H_2O y energía.

En esta primera actividad de enseñanza-aprendizaje, pensada como una actividad de iniciación al tema dado, se pretendía que el alumnado tomara conciencia de los diferentes tipos de fenómenos, que más tarde les serían definidos como cambios físicos y cambios químicos. La importancia de esta actividad radica en su cercanía al ámbito del día a día de los alumnos, con experiencias cercanas que contribuyen a captar su atención y a contextualizar la química. Además, es importante el hecho de que contribuye a formar una imagen de las ideas o representaciones alternativas de los alumnos. Debido a la simplicidad de las cuestiones, sería interesante para obtener feedback realizar una ronda de preguntas hacia los alumnos sobre estos y otros ejemplos cotidianos y comprobar en qué basan sus respuestas.

Actividad 2: Análisis de noticias sobre reacciones químicas

En esta actividad se demanda a los alumnos que busquen una noticia, a través de Internet o en prensa escrita, que tenga que ver con reacciones químicas. Después, se les plantea una serie de preguntas relativas a esa reacción y al tratamiento que recibe por parte de la noticia.

El objetivo de esta actividad es que los estudiantes observen el trato de las reacciones químicas por parte de los medios de comunicación, con los frecuentes errores u omisiones de información cometidos; y a la vez puede servirles de ayuda para contextualizar la química. Con este ejercicio, además, se pone en juego la competencia digital a la hora de buscar información utilizando las TIC.

Actividad 3: Ley de conservación de la masa – Práctica de laboratorio

Esta actividad tendría lugar en el laboratorio, y consistiría en una experiencia práctica que pusiera de manifiesto la ley de Lavoisier por medio de una reacción entre el vinagre (ácido acético) y el bicarbonato de sodio, que da lugar a acetato de sodio, dióxido de carbono y agua. El objetivo de la práctica es el de introducir a los estudiantes en el trabajo de laboratorio, así como intentar que comprueben de manera experimental la ley de conservación de la masa. Para ello, tendrán que comprobar el peso de la reacción antes de ser realizada y después, para lo cual se ayudarán de un globo que retenga el CO_2 formado.

Los alumnos se distribuirán en grupos de unas 3-4 personas y rellenarán los guiones de laboratorio. En ellos se especifica el procedimiento que han de seguir, así como los momentos en los que tienen que pesar el conjunto de reacción y una serie de preguntas encaradas a guiar su razonamiento y a asentar los conocimientos.

Actividad 4: Factores que influyen en la velocidad de reacción – Práctica de laboratorio

Esta actividad práctica de laboratorio tiene como objetivo la observación experimental, de manera cualitativa, de una serie de factores que influyen directamente en el número de choques eficaces que se producen entre los reactivos de una reacción química, y por tanto afectan a la velocidad.

Para ello, se utilizará la reacción de Zn con HCl (para dar lugar a ZnCl_2 y H_2) y se llevarán a cabo tres experimentos diferentes:

Experimento 1) Se tomarían tres tubos de ensayo, y se colocaría en cada uno de ellos HCl de diferente concentración (diluido al 25%, diluido al 50% y concentrado). Después, se añadiría un pedazo de Zn de similar tamaño a las tres disoluciones.

Experimento 2) Se tomarían dos tubos de ensayo con HCl de la misma concentración, y se añadiría a uno de ellos un pedazo de Zn pulverizado y al otro un pedazo de similar tamaño sin pulverizar.

Experimento 3) Este experimento, que realizaría el profesor, consiste en añadir a ambos tubos la misma cantidad de HCl de la misma concentración, la misma cantidad de Zn, pero calentar con un mechero uno de los dos tubos.

Además de llevar a cabo las experiencias, los alumnos deberían responder a las preguntas que se les plantean en el guion de laboratorio, encaminadas a llevarlos a la reflexión acerca de por qué ha ocurrido lo que ha ocurrido en cada experiencia.

Actividad 5: Ajuste de reacciones – Simulaciones

Esta actividad tiene como objetivo que los alumnos refuercen la práctica de ejercicios de ajuste de reacciones. Está pensada no como actividad de iniciación, sino después de una primera sesión teórica en la que les haya sido introducida la idea de ajuste estequiométrico.

Consiste en la utilización, en el aula de informática, de dos simuladores que pertenecen al proyecto PhET Interactive Simulations de la Universidad de Colorado. Está pensada para realizarse en una hora de clase, con aproximadamente 20 minutos para cada simulador.

La primera simulación, de nombre “Reaccionantes, productos y sobrantes” sirve para repasar de manera gráfica y visual los conceptos más básicos de las reacciones químicas, proporciones y reactivos en exceso; por su parte, la segunda, “Balanceando ecuaciones químicas”, adentra más en este concepto y es una buena herramienta para que los estudiantes practiquen el ajuste de reacciones como un juego.

Actividad 6: El concepto de mol

Para esta actividad, planteada de manera teórica, se han elaborado dos pequeños textos destinados a introducir en los alumnos un concepto clave en el mundo de la química

como es el de mol, una idea bastante difícil (sobre todo, en una primera aproximación) debido a su cualidad de abstracta.

Dada la dificultad de comprensión de esta noción, se recomienda afianzar bien este concepto y repetir varias veces las ideas con el fin de aumentar su entendimiento. Hacia ello van encaminados los dos textos y las preguntas sugeridas, que no pretenden ser todas las cuestiones sino un modelo de éstas que se pueda aumentar en extensión y complejidad hasta un cierto límite.

El feedback por parte de los alumnos es sencillo de obtener en esta actividad: debido a la simplicidad de las cuestiones, se puede organizar una ronda de preguntas hacia todos los alumnos en la que quede de manifiesto lo bien o mal que se ha entendido el concepto.

Actividad 7: Cálculos estequiométricos

El objetivo principal de esta actividad es el de practicar y reforzar los cálculos estequiométricos, pero aprovechando que es el concepto que cierra la unidad se le puede dar un enfoque de repaso del tema a través de las preguntas planteadas. Por ejemplo, pidiendo que los alumnos escriban la reacción, que identifiquen los reactivos y los productos, o que respondan preguntas más teóricas sobre el concepto de mol o de reactivo en exceso. También puede servir para recordar conceptos estudiados en la evaluación anterior, como es el caso de la formulación de compuestos inorgánicos sencillos.

Se podría dedicar varios días completos a este repaso, en los que se podría obtener feedback de la realización de ejercicios o la contestación de preguntas por parte de los alumnos. Se recomienda plantear las clases de problemas en pequeños grupos colaborativos.

Actividad 8: Química en contexto – Trabajos grupales

Esta actividad consiste en la realización de una serie de trabajos en grupo que tienen que ver con dos grandes temas: la química en el medio ambiente y la química en diferentes contextos. La labor de los estudiantes, en agrupaciones de 4-5 personas, sería la de realizar una exposición que defendieran delante de sus compañeros durante unos 5 minutos. El objetivo principal de estos trabajos es que los alumnos contextualicen la química con circunstancias reales.

La clase se dividiría en varios grupos, cada uno de los cuales tendría que hacer un trabajo sobre uno de los temas propuestos. Con el fin de guiar a los alumnos, se les entregaría una hoja con una serie de pautas que pudieran servirles para orientar su trabajo. A la hora de evaluar los diferentes trabajos podría ser interesante el uso de una rúbrica que tuviera en cuenta no sólo la presentación de cada grupo, sino la actuación individual en la exposición, el respeto a las exposiciones de los demás y el trabajo durante las sesiones de preparación.

4. Reflexiones

En los últimos tiempos se ha producido un aumento del desinterés y la desgana que sienten los alumnos de Secundaria respecto a las materias de ciencias en general y a la Física y Química en particular. Dicha actitud supone un decaimiento de las vocaciones científicas, lo que se refleja en el número de alumnos que escoge el itinerario científico en Bachillerato o en la elección de carreras científicas universitarias (Quintanal y Gallego, 2011).

Este debería ser el punto de partida para cualquier proyecto enfocado a la Física y Química en la actualidad. Existe un hastío generalizado por parte del estudiante que ha de ser combatido desde el profesorado para que no se siga extendiendo. Y si hay una cosa segura es que para ello se requieren cambios en la manera de plantear las clases.

A medida que avanzan los años el alumnado está cada vez más acostumbrado a las nuevas tecnologías y más desarraigado de la manera tradicional de dar clase. Sin embargo, frecuentemente se sigue cometiendo el error de intentar enseñar y motivar a estos estudiantes, nacidos en plena era digital, de la misma manera que se enseñaba a sus padres.

El objetivo de los trabajos que aquí se han recogido no ha pretendido ser la invención de una transformación radical respecto al modelo educativo actual, sino la sugerencia de alternativas que pudieran servir como un primer escalón del cambio necesario. Además, como ya mencioné anteriormente, el hecho de que seamos alumnos del Máster y no profesores titulares no nos ha permitido realizar profundas transformaciones, tanto por la corta extensión (sobre todo en el caso del PID) como por el desconocimiento del contexto real en el que va a tratarse (en el caso del PD).

A este efecto, en el PID se ha intentado introducir en el aula la utilización de las Tecnologías de la Información y la Comunicación mediante el uso de presentaciones multimedia, vídeos y simulaciones en lugar del libro de texto, así como de aplicaciones digitales interactivas que permiten al docente recibir feedback de manera instantánea sobre la situación del grupo. Es cierto que podría haber llevado a cabo más innovaciones, pero debido al corto tiempo del que dispuse intenté priorizar el correcto aprendizaje de los alumnos antes que la realización de innovaciones que, siendo yo nuevo también, habrían supuesto una total incógnita. Entre las actividades que pensé pero no llevé a cabo se encuentran diferentes juegos de lógica relativos al sistema periódico, así como una experiencia de laboratorio sobre la conducción de corriente eléctrica por parte de distintos

compuestos con diferentes tipos de enlace. No llegué a realizar ninguna de esas experiencias debido, sobre todo, a la falta de tiempo.

Otro aspecto en el que he de hacer autocrítica es en el relativo a la evaluación. Es cierto que el hecho de realizar un examen teórico me vino impuesto por el tutor de secundaria, pese a que yo habría preferido algún otro método para la valoración del aprendizaje de los alumnos. Sin embargo, ya que se me dio a mí la libertad para desarrollar ese examen, podría haber optado por la inclusión de alguna pregunta que hiciera referencia a los estadios superiores de la taxonomía de Bloom: analizar, evaluar y crear.



Figura 1. Estadios de la taxonomía de Bloom.

En cuanto al Proyecto Didáctico, se ha pretendido ir un paso más allá y combinar actividades teóricas y prácticas. Uno de los mayores objetivos de mi PD es la contextualización de la Química, es decir, intentar demostrar a los estudiantes que la Química no es algo aburrido y aislado del mundo exterior, sino que es algo importante con lo que ellos tienen contacto día tras día.

Si nos centramos en los aspectos didácticos, quizás mis mayores errores a la hora de plantear esta secuencia de actividades hayan tenido que ver con que he intentado abarcar un bloque amplio. Debido a ello, no he propuesto toda la hoja de ruta que necesitaría un docente, sino tan solo ciertas pinceladas en cada uno de los apartados que, si bien están pensadas para ayudar en la realización de dinámicas, no constituyen unidades completas. Otro de los defectos que observo a posteriori como consecuencia de esto es que la última actividad, correspondiente a la realización de trabajos prácticos, queda un poco descolgada de las demás.

Respecto a la metodología, he intentado plantear diferentes tipos de actividades: lectura de textos, ejercicios de problemas, sesiones de laboratorio, trabajos cooperativos, análisis de noticias y uso de simuladores.

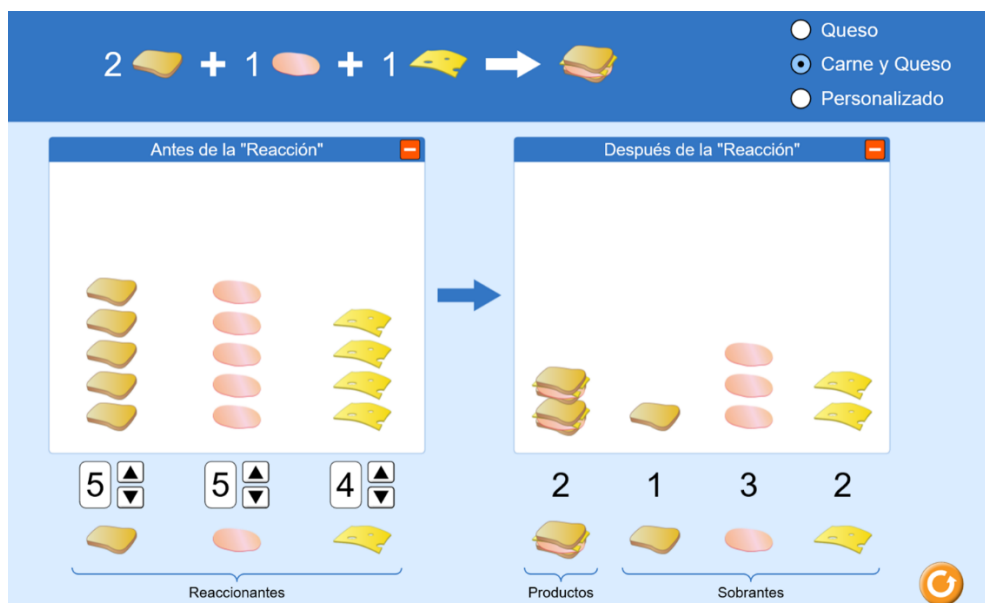


Figura 2. Captura de pantalla de uno de los simuladores utilizados en el Proyecto Didáctico.

Al margen de esto, otra de las carencias que posee mi PD está referida a la manera de evaluar. Al igual que mi manera de evaluar en el PID fue a través de una prueba escrita, para el PD intenté realizar justo lo contrario, pequeñas tareas que pudieran dar lugar a una evaluación formativa del aprendizaje. Estas tareas, pese a ser constantes y diversas, pueden resultar insuficientes para la elaboración de valoraciones precisas del aprendizaje de los alumnos.

Entre las muchas reflexiones que saco de este Máster quiero destacar una que tuve ocasión de comprobar yo mismo en el Prácticum. Y es que el cambio no es una cosa sencilla ni rápida. Pese a que el número de estudios y artículos publicados sobre didáctica y pedagogía no deja de crecer a una velocidad vertiginosa, las modificaciones a nivel de un aula de Secundaria o Bachillerato se suceden de manera muy lenta. Esos cambios se están produciendo, lo cual es una buena noticia, pero a todas luces insuficiente.

Uno de los puntos fuertes de ambas propuestas es su facilidad de llevarse al aula. En ocasiones, muchas de las propuestas de mejora, aunque bienintencionadas, no llegan a introducirse en las aulas por el miedo de los propios docentes a que puedan ir mal. Sobre el papel todo tiene buen aspecto, pero a la hora de trasladar las propuestas a un aula se ponen en juego muchos más factores. En especial, las consecuencias de un posible fallo

a la hora de llevar a cabo las clases, la metodología, la manera de evaluar... comprensiblemente, muchos docentes prefieren continuar enseñando de la manera tradicional antes que arriesgarse a poner en peligro la educación de nuestros jóvenes.

Existen, a este respecto, profesores críticos con las innovaciones, tanto a nivel metodológico como a nivel epistemológico. Banet (2007) recoge las opiniones de una muestra de docentes de secundaria sobre las dimensiones formativas que prioriza la enseñanza habitual. Mientras que todos ellos coinciden en que la formación que reciben los estudiantes no es satisfactoria, los encuentra divididos en dos grandes grupos contrapuestos:

- Por un lado, la mayoría del profesorado posee la fuerte convicción de que la educación secundaria debería procurar una formación básicamente conceptual, que permitiera a los alumnos proseguir estudios superiores. Para ello, estos docentes se implican en un desarrollo básicamente disciplinar de las materias científicas.

- Otros docentes más próximos a la investigación en didáctica de las ciencias señalan que, aparte de ese importante objetivo, la educación científica debería contribuir a dotar a los estudiantes de cultura básica que les permita tomar decisiones que les afectan a nivel personal o social.

Al hilo de este tema se encuentra la crítica de De Freitas y Alves (2010) a lo que llaman “*la supervaloración de lo cotidiano*”, es decir, la valorización de los contenidos contextuales por encima de los conceptuales, resultando en la negligencia de estos últimos. Dicha supervaloración, añaden, ha podido tener lugar por la realización de interpretaciones simplistas y reduccionistas de las propuestas elaboradas por el movimiento CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad).

En el fondo, es un tema mucho más difícil de lo que parece. Sí es cierto que el empleo de este tipo de enfoques que buscan la contextualización de las ciencias puede dar lugar en ocasiones a un desinterés por los contenidos conceptuales, tan importantes en un área del conocimiento como son las ciencias. Sin embargo, un predominio muy marcado de dichos conceptos puede dar lugar (y de hecho, frecuentemente lo hace) a que los alumnos conciban las ciencias como algo aislado del mundo y con lo que no van a tener contacto apenas en sus vidas.

Mi punto de vista, como ya he manifestado con anterioridad, es que la enseñanza, tanto a nivel de Secundaria como a todos los niveles, necesita modificaciones: un ámbito que está tan cerca de la sociedad (máxime en su eslabón más importante, que es la

juventud) requiere evolucionar conforme lo hacen sus integrantes. En un contexto de cambios grandes y rápidos como es este siglo XXI, la educación parece haberse quedado atrás. Los estudiantes de hoy no son como los de hace dos generaciones, y por lo tanto no se les puede enseñar de la misma manera.

Los cambios se presentan como necesarios, pero hay que descartar la posibilidad de que se produzcan de manera demasiado rápida o abrupta. Por un lado, la educación se presupone como un proceso continuo, y por ello la presencia de grandes saltos requeriría empezar de cero con alumnos que ya han comenzado a aprender con el sistema actual. Por otra parte, hay que tener en cuenta que el objetivo de la profesión docente es educar a los jóvenes, y no resultaría éticamente aceptable utilizar a determinados grupos de alumnos como “conejos de indias” a la hora de probar nuevos métodos de enseñanza. Mediante la sucesión de cambios pequeños y constantes se intentaría encontrar la manera de reducir la incertidumbre, lo que supondría minimizar el error en caso de haberlo.

5. Conclusiones

Las conclusiones que me deja este trabajo de Fin de Máster se corresponden con las conclusiones generales que saco del Máster. Por un lado, posiblemente la más importante es la mejor comprensión del trabajo que ha de realizar cada docente, que resulta mucho mayor que el que se aprecia a simple vista.

Como decía al principio de este trabajo, la profesión docente está mucho menos valorada de lo que debería, y en gran parte se debe al desconocimiento por parte de la mayor parte de la población de la verdadera función que realizan los profesores y el esfuerzo y tiempo que les supone. Ser un docente no consiste en repetir los contenidos de un libro hora tras hora, como he podido comprobar durante mi período de práctica en el centro Santo Domingo de Silos.

Ser un docente implica una capacidad de adaptación mayor que cualquier otra profesión, y es que no hay dos clases iguales. De un año a otro, de un curso a otro o entre dos clases del mismo curso, las dinámicas que te sirven con unos no tienen por qué servirte con otros. Ocurre incluso con el mismo grupo de clase en momentos diferentes del curso.

Por otro lado, un tema que se ha tratado de forma recurrente en este trabajo es la necesidad de un cambio en el sistema educativo. Existe discrepancia en la propia comunidad docente sobre la magnitud de ese cambio, los tiempos en los que debe producirse o los asuntos que debe comprender. También encontramos a profesores que se oponen al cambio, escudados en la incertidumbre que supondría de cara al aprendizaje de los alumnos.

En cuanto a mí como futuro profesor, abogo por la realización de esta transformación de manera progresiva y consistente. A esta manera de pensar ayuda mucho la experiencia que he tenido en el Prácticum, donde mi tutor me ha supuesto un modelo de docente al que intentaré aspirar a parecerme.

Mi paso por el Máster me ha aportado diferentes técnicas y mecanismos para llevar el conocimiento científico a los alumnos sin dejar de lado la realidad de las aulas y la atención a la diversidad que nos encontramos en ellas. También me ha hecho partícipe del conocimiento de las leyes que rigen la educación y a las que me tendré que ceñir en todo momento.

Al principio de este trabajo explicaba que entré al Máster con una gran pregunta: “¿cómo ser un buen profesor?”. Ahora, prácticamente al final del mismo, puedo decir que el propio Máster me ha proporcionado una respuesta y muchas preguntas. La respuesta es sencilla, pero no por ser evidente es menos certera. Las cualidades esenciales que un buen profesor debe dominar son tres: transmitir, adaptarse y evolucionar.

- Transmitir, puesto que el objetivo principal de cualquier docente es conseguir que los alumnos aprendan. Para ello no será suficiente con recitar contenidos y hacer exámenes, sino que la mayor pretensión es la de despertar en los alumnos una sed de conocimiento y darles las herramientas adecuadas para que lo descubran por ellos mismos.

- Adaptarse, y adaptarse a todos los aspectos. A los distintos cursos, asignaturas, clases, a los diferentes alumnos dentro de cada grupo: cada uno con sus necesidades, sus capacidades, sus motivaciones... Adaptarse incluye ser capaz de dar a cada alumno, independientemente de sus circunstancias, la educación de calidad que se merece.

- Evolucionar, en este sentido, puede verse como un tipo de adaptación: adaptarse a los tiempos. Sin embargo, es un tipo de adaptación lo suficientemente importante como para dejarlo fuera de la anterior categoría. La evolución de un profesor requiere la puesta en práctica de cambios constantes con el objetivo de acercar la asignatura a los alumnos, aprender de tus propias experiencias, mantener la cercanía con el mundo de la investigación educativa... y sobre todo, evitar estancarte y obstaculizar los cambios.

Ahora bien, ninguna de estas tres condiciones es innata. Para mejorar en estas destrezas es necesario hacerse muchas preguntas, al menos una para cada situación particular. Y todas esas preguntas no me las puede resolver el Máster, sino que ha hecho algo más importante: enseñarme a plantearlas.

En general, mi grado de satisfacción con el Máster es elevado. Sí que podría hacer dos críticas constructivas sobre lo que me parece que se podría mejorar, y son por un lado un mayor contenido de nuestra disciplina (en mi caso Física y Química), y por otro evitar solapes de contenido innecesarios entre asignaturas, sobre todo del primer cuatrimestre. Sin embargo, como ya digo, son sólo un par de comentarios que para nada alteran mi agrado con la titulación.

Termino esta etapa con la convicción de que he conseguido cumplir los objetivos: he tomado conciencia sobre la situación del profesorado, he obtenido un banco de actividades destinadas a transmitir mejor el conocimiento científico, y (sobre todo) he respondido a la pregunta que me trajo hasta aquí. Asimismo, esta andadura me ha reforzado en mi convicción de que la profesión docente es mi vocación y es a lo que quiero dedicar el resto de mi vida. A transmitir, adaptarme y evolucionar.

6. Bibliografía

- Alonso Sánchez, M., Gil Pérez, D. y Martínez Torregrosa, J. (1996). Evaluar no es calificar. La evaluación y la calificación en una enseñanza constructivista de las ciencias. *Investigación en la Escuela*, 30, 15-26.
- Banet, E. (2007). Finalidades de la educación científica en secundaria: opinión del profesorado sobre la situación actual. *Enseñanza de las ciencias*, 25(1), 5-20.
- Daza, E. P., Gras-Martí, A., Gras-Velázquez, À., Guerrero, N., Gurrola, A., Joyce, A., Mora-Torres, E., Pedraza, Y., Ripoll, E. y Santos, J. (2009). Experiencias de enseñanza de la química con el apoyo de las TIC. *Educación Química*, 20(3), 320-329.
- De Freitas, K.A. y Alves, A. (2010). Reflexiones sobre el papel de la contextualización en la enseñanza de ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 28(2), 275-284.
- De Haro, J. J. (2009) Algunas experiencias de innovación educativa. *Arbor: Ciencia, pensamiento y cultura*, N° Extra I, 71-92.
- Esteve, O. (2013). Entre la práctica y la teoría. Comprender para actuar. *Ikastaria*, 19, 13-36.
- Gardner, P. L. (1974). Language difficulties of science students. *The Australian Science Teachers' Journal*, 20(1), 63-76.
- Hodson, D. (1994) Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 299-313.
- López, D. y Carrera, D. (2016). Si elimino el examen ¿cómo evalúo? Una discusión sobre las actividades sustitutivas del examen y su escalabilidad. *ReVisión*, 9(3), 65-73.
- Puigdemívol, I. (2007). La diversidad en Secundaria: Un reto a compartir. *Biribilka - En espiral: revista del Centro de Apoyo al Profesorado de Navarra*, 4, 5-9.
- Quílez, J. (2015). ¿Es el profesor de Química también profesor de Lengua? *Educación Química*, 27, 105-114.

- Quintanal, F. y Gallego, D. J. (2011). Incidencia de los Estilos de Aprendizaje en el Rendimiento Académico de la Física y Química de Secundaria. *Revista Estilos de Aprendizaje*, 8(8), 198-223.
- Reyes, M. (2000). Innovación educativa e institución escolar. *Revista de Educación*, 2, 199-211.
- Rodríguez Gallego, M. R. (2003). La evaluación en Educación Secundaria. En Bermejo, B., Rodríguez Briones, J. y Domene, S. *Metodología, Estrategias y Evaluación en Enseñanza Secundaria* (1-12). Sevilla: FETE-UGT.
- Ruiz Córdoba, M. C. (2009). Evaluación vs Calificación. *Innovación y Experiencias Educativas*, 16, 207-217.
- Shulman, L.S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.

ANEXO 1: PROYECTO DE INNOVACIÓN DOCENTE

Desarrollo de una unidad didáctica mediante un uso innovador de las TIC: el enlace químico

Pablo López Nieto. Especialidad de Física y Química

Introducción

En este trabajo se pretende describir la metodología utilizada para el desarrollo de una unidad didáctica en un grupo de 4º ESO, con especial atención en el uso innovador de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs).

El centro en el que he llevado a cabo este período de prácticas es la Obra Diocesana Santo Domingo de Silos. Se trata de un centro de carácter privado-concertado que abarca Educación Infantil, Primaria, ESO, Bachillerato y FP. Está ubicado en el Barrio de Las Fuentes, uno de los barrios con menor renta per cápita de Zaragoza. El colegio tiene una extensa historia (se inauguró en 1959 y lleva dando clase ininterrumpidamente desde entonces) y goza de una amplia infraestructura debido a que décadas atrás llegó a rondar los 8000 alumnos, aunque actualmente la cifra es de aproximadamente 2500.

El grupo al que se le ha impartido esta lección es una clase de 4º ESO de 25 alumnos. Se trata de un grupo muy heterogéneo en nacionalidades, ya que podemos encontrar alumnos procedentes de distintos países: Ecuador, Perú, El Salvador, Venezuela y Costa Rica, además de evidentemente España. Sin embargo, estos alumnos están perfectamente involucrados en la clase y en general el clima del aula es bueno. Eso sí, se trata de un grupo bastante hablador en clase, lo que repercute tanto en su atención como en su rendimiento y sus calificaciones.

Por ello, se va a intentar captar su atención mediante el uso de TICs, como presentaciones, vídeos, simulaciones y la aplicación Kahoot.

La unidad didáctica “el enlace químico” se corresponde con los siguientes criterios de evaluación recogidos en la Orden ECD/489/2016, de 26 de mayo:

- Crit.FQ.2.4. Interpretar los distintos tipos de enlace químico a partir de la configuración electrónica de los elementos implicados y su posición en la Tabla Periódica.
- Crit.FQ.2.5. Justificar las propiedades de una sustancia a partir de la naturaleza de su enlace químico.
- Crit.FQ.2.7. Reconocer la influencia de las fuerzas intermoleculares en el estado de agregación y propiedades de sustancias de interés.

De la misma manera, es una unidad didáctica estrechamente relacionada con “los átomos y el sistema periódico”, que les fue impartida a los alumnos inmediatamente antes que esta.

Los objetivos del trabajo son los siguientes:

- Impartir una unidad didáctica a alumnos de 4º ESO utilizando las TIC como recurso innovador.
- Evaluar la validez del método utilizado mediante la evaluación del aprendizaje de los alumnos y a través de la valoración de los propios alumnos.
- Averiguar las principales ideas alternativas de los alumnos a lo largo de la unidad didáctica, y compararlas con ideas alternativas presentes en la bibliografía.

Fundamentación teórica

Antes de empezar cualquier unidad nueva en un aula, un docente tiene que hacerse una pregunta: ¿qué saben nuestros alumnos de esto? Incluso si es un tema que nunca han estudiado, la mayoría de las veces tienen alguna noción al respecto, que puede ser correcta o puede tratarse de lo que se conoce como “ideas alternativas”. Desde el punto de vista del constructivismo, la comunidad investigadora educativa ha puesto muchos esfuerzos en conocer las concepciones alternativas de los alumnos, no como un impedimento al aprendizaje sino como un punto de partida para llegar a construir los nuevos conocimientos científicos. (Furió, Solbes y Carrascosa, 2006).

González Felipe, Aguirre Pérez, Fernández César y Vázquez Molini (2017) enuncian algunas de las ideas alternativas más frecuentes entre los alumnos de 4º ESO en relación con el tema del enlace químico. Entre esas ideas destacan “Los gases nobles forman moléculas”, “El hierro no conduce la electricidad por carecer de iones”, “Los átomos se unen por su tendencia a compartir electrones” o “En el O₂ se da un enlace iónico”, aparte de advertir que “Se confunde la compartición con la transferencia de electrones” y que “No se asocia los cristales iónicos con la existencia de iones de cargas opuestas”.

Teniendo constancia de estas concepciones alternativas, el ejercicio del docente es intentar reconducirlas a modelos y conceptos mentales en los alumnos que perduren en el tiempo de manera eficaz. Numerosos estudios (López Simó et al, 2017) (Méndez Coca, 2015) demuestran que un recurso efectivo para aumentar la atención de los alumnos y mejorar sus resultados de aprendizaje consiste en utilizar las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs).

En la actualidad es ampliamente conocida y utilizada la aplicación Kahoot, que permite tanto hacer cuestionarios online como debates y encuestas, planteando la interacción en forma de juego y creando una dinámica competitiva a base de preguntas con respuesta cerrada (Simón y Ojando, 2016). Entre las principales ventajas se destaca el feedback constante por parte de los alumnos, la mejora del clima de aula como consecuencia de la distensión del ambiente y el notable aumento de la participación y motivación. Sin embargo, este método también conlleva limitaciones, sobre todo la temporal (requiere bastante tiempo de preparación de las preguntas por parte del profesorado y a la vez tiempo de clase para realizar la actividad) y también las posibles distracciones asociadas al uso de aparatos electrónicos en el aula (Martínez Navarro, 2017).

Metodología

El proyecto de innovación didáctica se llevó a cabo en 2 semanas, lo que corresponde a 6 sesiones. El principal inconveniente que se ha tenido desde el principio a la hora de llevar a cabo esta unidad ha sido la falta de tiempo, dada la ubicación de distintos festivales, la Semana Santa y la realización de varias excursiones. Las 6 sesiones, que incluyen la realización de una prueba escrita y su posterior corrección en clase, se organizaron tal y como se indica en la **Tabla 1**.

Tabla 1 *Distribución de las sesiones*

Sesión	Finalidad	Lugar
1 ^a	Cuestionario inicial + Introducción al enlace químico + Definición enlace iónico	Aula de clase
2 ^a	Propiedades enlace iónico + Definición enlace covalente + Propiedades del enlace covalente I	Aula de clase
3 ^a	Propiedades del enlace covalente II + Definición enlace metálico + Propiedades enlace metálico + Repaso global	Aula de clase
4 ^a	Repaso general átomos, sistema periódico y enlace químico (Kahoot)	Aula de informática
5 ^a	Examen átomos, sistema periódico y enlace químico	Aula de clase
6 ^a	Corrección examen + Inicio práctica formación moléculas + Evaluación	Aula de clase

En la primera sesión se les entregó a los alumnos un pequeño cuestionario sobre el enlace químico con el objetivo de descubrir algunas de sus ideas alternativas. Se les hizo hincapié en que contestaran todo lo que supieran, ya que no les iba a repercutir en su nota de ninguna manera.

Para la realización de este cuestionario se tuvo en cuenta que los alumnos habían tenido una iniciación a los tipos de enlace durante el curso anterior, y se eligieron 5 preguntas a mi parecer representativas sobre algunos de los conceptos más importantes sobre este tópico. Las preguntas fueron las siguientes:

1. ¿Cuáles son los diferentes tipos de enlace químico entre átomos?
2. ¿Qué les ocurriría a los siguientes compuestos si se mezclan con agua?
 - a) NaCl
 - b) Gasolina
 - c) Metanol
 - d) Cu (cobre)
3. ¿Qué es una molécula polar? ¿Y una molécula apolar? Da un ejemplo de cada una.
4. Señala la respuesta correcta: “Los átomos se unen porque...”
 - a) Tienden a compartir electrones.
 - b) Tienden a ceder electrones para formar iones.
 - c) Tienden a conseguir la configuración electrónica de gas noble.
 - d) Tienden a llenar todas sus capas con el máximo número de electrones posible.
5. Señala la respuesta correcta: “Para que se establezca un enlace entre dos átomos es necesario que...”
 - a) Los átomos sean iguales.
 - b) Los átomos sean diferentes.
 - c) Formen un sistema más estable que los átomos por separado.
 - d) Se produzca una transferencia de protones.

Este cuestionario dejó una serie de conclusiones:

- 1) Muchos de los alumnos recordaban el nombre del enlace iónico y del covalente, pero ninguno era capaz de hablar del metálico.
- 2) Ninguno de ellos conocía los fundamentos de la polaridad ni de la solubilidad.
- 3) La mayoría de los estudiantes sabía que los átomos se unen para conseguir una configuración electrónica de gas noble, pero no todos ellos asociaban este hecho con un aumento de estabilidad.

Las tres primeras sesiones se planearon en el aula de clase, con los alumnos dispuestos de manera ordinaria sentados solos o por parejas según acostumbraban en el resto de asignaturas. Estas sesiones se programaron como clases teóricas apoyadas en una presentación PowerPoint que elaboré y posteriormente proyecté en el aula. Además de los contenidos escritos, empleé imágenes, vídeos y un par de simulaciones de enlaces químicos. Utilicé los recursos propios del aula (ordenador, pizarra, proyector, pizarra digital...), mientras que el libro de texto sólo fue usado de manera puntual para realizar un par de ejercicios aclaratorios.

Planteé las clases teóricas de forma que involucraba a los alumnos en el tema dado. La interacción con ellos era continua, ya que les lanzaba preguntas constantemente para cerciorarme de que habían estado atentos o para averiguar posibles ideas alternativas que tuvieran. El aspecto más importante de esta unidad para mí es la diferenciación entre los tres tipos de enlace, así que hice hincapié en su participación ahí: antes de empezar a explicar cada tipo de enlace elegía a dos alumnos para ejemplificarlo como si fueran átomos usando rotuladores como si fueran electrones, de manera que llamaba su atención (como principales implicados) y a la vez la del resto de la clase.

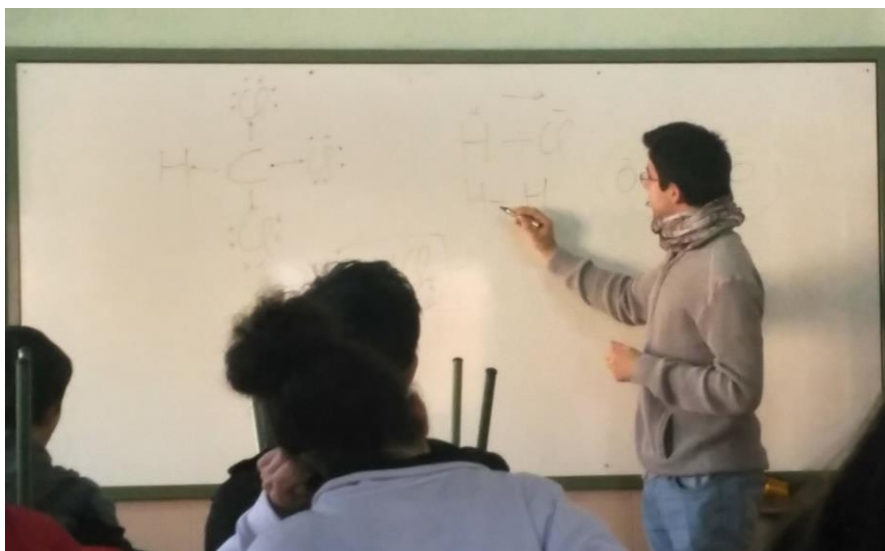


Figura 1: Fotografía de una de mis explicaciones. En concreto, sobre la estructura de Lewis de varios compuestos.

Dado que en el examen se les iban a hacer preguntas tanto de este tema (enlace químico) como el inmediatamente anterior (átomos y sistema periódico), mis referencias y recordatorios a la unidad previa fueron numerosos.

Con intención de examinar de cerca las propiedades de los enlaces iónicos, aporté al aula distintos compuestos iónicos que tomé prestados del laboratorio del centro. De la misma manera, para observar de manera tridimensional la diferencia estructural entre el grafito y el carbono, me valí de unos modelos moleculares que también se encontraban en el laboratorio. Además de usarlos como complemento a mi explicación, los fui pasando por las mesas de los alumnos para que pudieran tocarlos y observarlos mejor.



Figura 2: Diferentes compuestos iónicos que utilicé como ejemplificación. Fila superior: halita (NaCl) y dihidrógeno fosfato de amonio (NH₄H₂PO₄). Fila inferior: pirita (FeS₂) y sulfato de cobre (II) (CuSO₄).

Los alumnos se mostraron por lo general bastante atentos y participativos en estas sesiones teóricas, hecho que me sorprendió bastante. Tampoco hablaron entre ellos tanto como tenía pensado que harían, aunque a ese hecho también contribuyó que el profesor seguía presente mientras yo daba las clases.

Tanto al principio de cada una de las sesiones como al final de las mismas reservaba un tiempo para preguntar dudas. En la última de las sesiones teóricas les mandé una hoja con pequeños ejercicios de repaso que corregiríamos en la cuarta sesión.

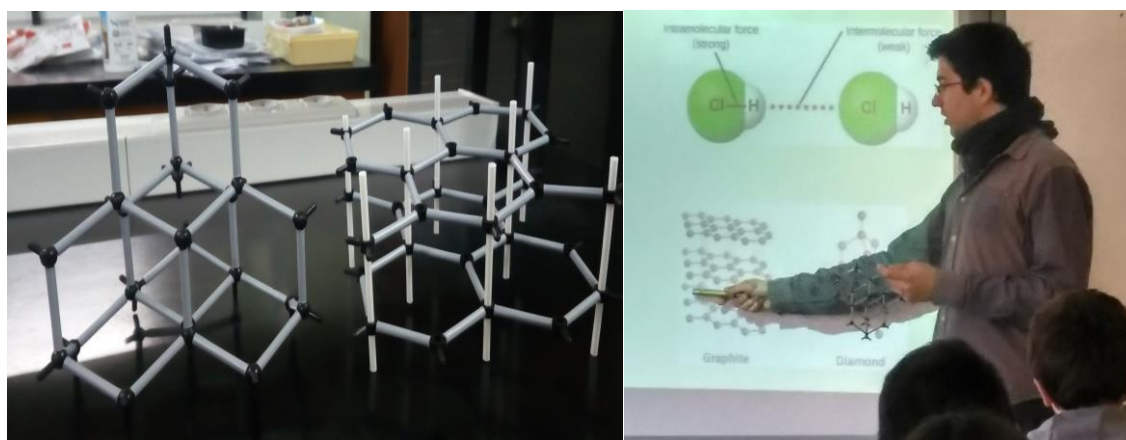


Figura 3: A la izquierda, los modelos moleculares tridimensionales de la estructura del C diamante (izquierda) y grafito (derecha). A la derecha, utilizando uno de ellos como complemento a la explicación.

La cuarta sesión se planeó como una clase de repaso, ya que era la última antes del examen. Con el fin de hacer el repaso más ameno e incluso captar la atención de los que no habían empezado a estudiar decidí utilizar la plataforma Kahoot. Para ello, elaboré previamente un cuestionario de 25 preguntas sobre los contenidos del examen que les propuse resolver. Realizamos esta sesión en el aula de informática debido a la estricta prohibición del centro respecto al uso de teléfonos móviles en el aula.

Para esta actividad dispuse a los alumnos en parejas, ocupando cada pareja un ordenador, para un mejor aprovechamiento de los recursos del aula. Los alumnos tenían 20 segundos para responder a cada una de las 25 preguntas propuestas. Para ello, tenían que elegir la respuesta correcta de entre 4 opciones diferentes, ganando puntos según el número de aciertos y la velocidad con la que respondían. Debido al corto lapso de tiempo de respuesta, se les permitió usar una tabla periódica a modo de ayuda. Para favorecer el interés por la actividad, se pactó antes del comienzo de la actividad que las 3 parejas que quedaran en las mejores posiciones recibirían 0,1 puntos extra en el examen.

Debido al propio funcionamiento de la aplicación, pude ver fácilmente en qué preguntas los alumnos tenían más dificultades o qué conceptos comprendían mejor. Después de que se mostraran las respuestas correctas, a menudo intervine explicando por qué la respuesta era la adecuada y no cualquiera de las demás. Incluso en varias ocasiones les pedí a ellos que lo explicaran.

Esta manera de trabajar resultó muy enriquecedora para mí como profesor, ya que se recibe feedback constante, se ve dónde tienen más fallos los alumnos y dónde se ha de hacer más hincapié. Pero a la vez fue importante para los alumnos, que notaron de una manera más divertida qué conceptos dominaban y cuáles tenían que repasar más.

La transcripción de las preguntas que se introdujeron en el Kahoot está recogida en el **Apéndice**. Los resultados de dichas preguntas y su posterior discusión y explicación me llevaron a hacerme una idea general del pensamiento de la clase. Esta idea se basó en una serie de puntos que aquí resumo:

- 1) Los conceptos que no tenían demasiado claros en el cuestionario inicial habían quedado mayormente solventados. De la misma manera, la mayoría de los alumnos demostró un conocimiento bastante acertado sobre la solubilidad de sustancias covalentes y sobre la polaridad en el enlace, algo que previamente no tenían.
- 2) La mayoría de los alumnos conocían correctamente cómo varía el tamaño de un elemento en un grupo y en un período, y una parte de ellos sabían cómo afecta eso a su reactividad.
- 3) Los estudiantes presentaban en general un buen conocimiento de cómo repercute el tipo de enlace en la dureza y resistencia de un compuesto.
- 4) Al terminar la sesión, la mayoría de los alumnos comprendía el fundamento de las estructuras de Lewis y era capaz de realizar correctamente estructuras de moléculas sencillas.
- 5) Varios de los alumnos parecían tener problemas en el orden de llenado de los orbitales.
- 6) Pocos alumnos comprendían que los gases nobles no formaban moléculas.

- 7) Sólo algo menos de la mitad de la clase recordaba cómo hallar el número de protones, electrones y neutrones a partir del número atómico y el número másico de un elemento.

La realización del Kahoot, junto con la explicación de cada una de sus preguntas, llevó unos 40 minutos. De esta manera, se aprovecharon los 10 minutos restantes de clase para resolver dudas y corregir los ejercicios mandados el día anterior. El comportamiento de los alumnos durante la sesión fue mejor de lo que me esperaba, ya que en su mayoría se mostraron atentos y activos, preguntando dudas y respondiendo a mis preguntas. Sí se mostraron más habladores y se generó más ruido que en las clases teóricas, pero considero que entra dentro de lo normal dada la dinámica de la actividad, y no se sobrepasó ningún límite.



Figura 4: Realización del Kahoot. En la figura aparecen proyectados en la pizarra digital los resultados de una de las preguntas. Cada ordenador está asignado a una pareja, y su pantalla es de color rojo o verde dependiendo de si han fallado o acertado la pregunta.

La quinta sesión se dedicó a la realización del examen. Para ello, los alumnos se dispusieron en el aula de forma individual y contaron con los 50 minutos de clase (más 10 minutos extra, aprovechando que era última hora y no había clase más tarde). No se observó ningún tipo de incidencia durante el examen.

La sexta y última sesión comenzó con el reparto de los exámenes corregidos y la corrección de los apartados que habían salido peor. Después de eso, comenzamos la primera parte de una actividad “puente” entre esta unidad didáctica y la siguiente, “Formulación y nomenclatura de compuestos químicos”.

Esta actividad, ya planeada por el profesor titular, la terminarían la siguiente hora de clase (ya sin nosotros de prácticas). Para su realización, los alumnos se dispusieron en grupos de 4 y utilizaron modelos moleculares con el objetivo de deducir la estructura y el nombre de una serie de compuestos utilizando diferentes pistas contenidas en un guion de prácticas.

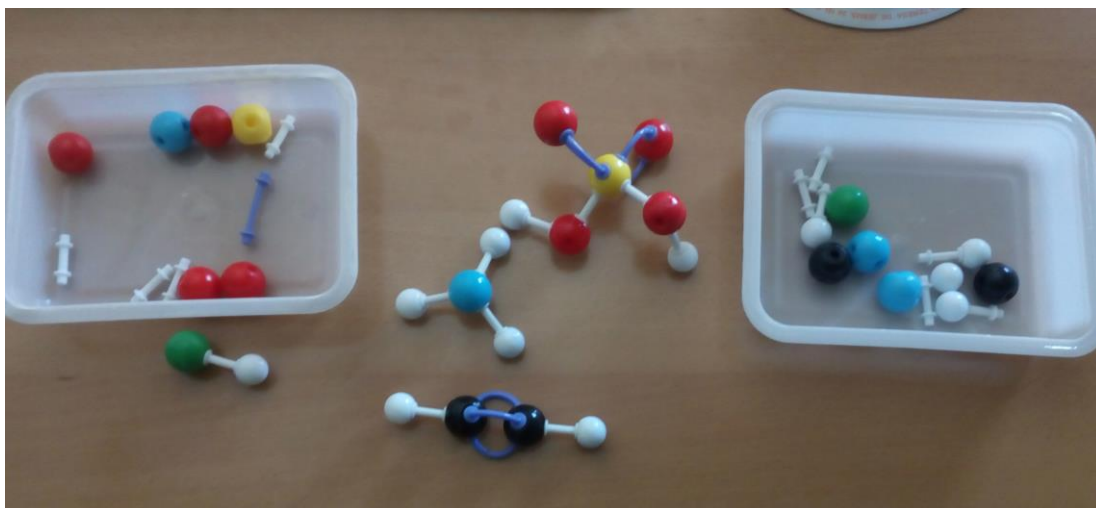


Figura 5: Imagen de la práctica de formación de moléculas. Fuera de las cajas, se encuentran modelos moleculares formando HCl (izquierda), H_2SO_4 (arriba), NH_3 (en el centro) y C_2H_2 (abajo).

Los últimos 10 minutos de esa sesión les pedí a los alumnos que valoraran:

- 1) La dinámica de las clases que yo les había impartido.
- 2) Mi manera de explicar, y a mí como profesor.
- 3) Comentar cualquier mejora o queja que tuvieran.

Con el fin de fomentar la veracidad de sus valoraciones, les pedí que las escribieran en un papel y me las entregaran al final. Las conclusiones obtenidas del examen y de esta valoración por parte de los alumnos se reflejarán en el apartado **Resultados**.

Resultados

La evaluación del aprendizaje de los alumnos se llevó a cabo a través de un examen que constaba de 7 preguntas. 23 alumnos de los 25 totales se presentaron al examen. En la **Tabla 2** se recopila la puntuación que obtuvieron en las diferentes preguntas, cuyos resultados se procede a analizar más minuciosamente.

Tabla 2. Puntuación obtenida en cada ejercicio

Nº ejercicio	En blanco/Cero	Menos de la mitad	La mitad o más	Completo
1	1	5	14	3
2	-	21	2	-
3	3	4	16	-
4	5	2	8	10
5	4	5	7	6
6	1	10	11	1
7	-	14	9	-

En la tabla se muestra el número de alumnos que ha conseguido cierta puntuación en cada pregunta determinada. “En blanco” supone que el alumno no contestó esa pregunta, mientras que “Cero” implica que la contestó de forma totalmente incorrecta. “Menos de la mitad” y “La mitad o más” hacen referencia a la calificación obtenida con respecto al puntaje total, que sólo obtuvieron los alumnos marcados como “Completo”.

Problema 1. (0,6 puntos). Completa la siguiente tabla:

Símbolo	Nombre	Z	A	Protones	Neutrones	Electrones
Se					45	34
	Estaño			50	69	
K ⁺		19	39			

La primera pregunta estaba basada en la capacidad de relacionar el número de protones, electrones y neutrones con el número atómico y el número másico. Los resultados en esta pregunta fueron bastante buenos, lo que contrasta con la pregunta similar planteada en el Kahoot. Este hecho confirma que la sesión de repaso sirvió para llamar la atención sobre las dudas de buena parte de la clase en este aspecto que ya tenían casi olvidado.

Problema 2. (2 puntos). Justifica si es verdadero o falso:

- Según el modelo atómico actual, los electrones se encuentran alojados en órbitas circulares definidas.
- El litio (Li) presenta una mayor reactividad que el rubidio (Rb).
- El grafito (C) es buen conductor de la electricidad.
- La configuración electrónica del oxígeno es $1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^2$.

La segunda pregunta fue la que peor salió con diferencia, como podemos observar dado que sólo dos alumnos obtuvieron la mitad de la calificación o más. Hubo mucha variabilidad en los resultados de cada apartado, ya que nadie tuvo un 0 en ese ejercicio (todos acertaron al menos uno) pero a la vez ningún alumno fue capaz de responder bien a los cuatro.

El apartado a) fue el que mejor salió. Por lo general, la clase distinguió bien entre el modelo atómico de Bohr (órbitas) y el actual (orbitales).

La pregunta b) dejó un mayor número de fallos: mientras que la mayoría de estudiantes expuso correctamente que el Li tiene un tamaño menor que el Rb, pocos fueron capaces de relacionar este menor tamaño con una menor reactividad.

La pregunta más fallada fue la c), lo que muestra que la mayoría de alumnos sigue sin tener claro el fundamento de la conductividad, mientras que otros no recordaban correctamente la estructura del grafito.

El apartado d) fue el que más me sorprendió, ya que en general no salió mal, pero los alumnos que mejor lo habían hecho en los tres anteriores fallaron a la hora de ver que los orbitales p se semioocupan primero con un electrón cada uno.

Problema 3. (2 puntos). ¿Cuál es la configuración electrónica de los elementos Ca (Z=20), Cl (Z=17) y P (Z=15)? ¿Cuál de estos tres átomos presenta una mayor tendencia a captar electrones?

El ejercicio 3 salió bastante bien: mientras que la mayoría de la clase realizó correctamente las configuraciones electrónicas de los tres elementos, muy pocos fueron los que respondieron que el cloro es el que presenta una mayor tendencia a captar electrones. Esto puede mostrarnos que los alumnos tienden a mecanizar los ejercicios en lugar de pararse a pensar qué implica realmente el llenado de los orbitales.

Problema 4. (1 punto). Ordena los siguientes átomos de menor a mayor tamaño razonando tu respuesta.

- a) K, Cs, Na.
- b) Al, S, Mg.

Este ejercicio, orientado a ordenar por tamaño diferentes elementos de la tabla periódica, fue el que mejor resultados dio y a la vez el que más gente se dejó en blanco. La mayoría de los alumnos demostró que sabía que el tamaño crece conforme se avanza en un grupo y hacia la izquierda en un período, mientras que los que no habían estudiado no se atrevieron a probar suerte.

Problema 5. (1 punto). Escribe las estructuras de Lewis del oxígeno (O_2) y del amoníaco (NH_3).

La pregunta número 5 pedía dibujar las estructuras de Lewis de dos compuestos que habían sido trabajados en clase. La mayoría de los alumnos obtuvo un buen resultado en este ejercicio, si bien a otros les sonaba algo pero no entendían bien cuántos electrones tenían que poner o la diferencia entre un enlace covalente sencillo y uno doble. Los que no habían estudiado en su mayoría no lo intentaron.

Problema 6. (1,8 puntos). Tienes las siguientes sustancias: oro (Au), fluoruro de litio (LiF), neón (Ne) y cloro (Cl_2).

Indica:

- a) Indica el tipo de enlace que presenta cada una, enunciando sus principales características.
- b) Las sustancias que forman redes cristalinas.
- c) Las sustancias gaseosas a temperatura ambiente.

El ejercicio 6 dejó unos resultados aceptables, ya que la mayoría de alumnos fue capaz de distinguir el tipo de enlace del fluoruro de litio (iónico), el cloro (covalente) y el oro (metálico) y enunciar sus características. Sin embargo, tan solo 4 o 5 alumnos vieron que el neón, como gas noble, no formaba enlaces sino que se encontraba en forma de átomos aislados.

En el apartado b), casi todos los estudiantes reconocieron que el LiF formaba cristales, pero sólo alrededor de un tercio de los alumnos anotaron que el Au también lo hacía.

También se presentaron bastantes problemas a la hora de asignar el estado gas al Cl_2 en el apartado c), lo que demuestra que aún no tienen claro del todo la influencia del enlace covalente en la temperatura de fusión y ebullición.

Problema 7. (1,6 puntos). Contesta:

- Razona si es verdadera o falsa la siguiente frase: Tanto el cristal metálico como el iónico se rompen con facilidad ante un golpe.
- El H_2O tiene un punto de fusión mayor que el Cl_2 . ¿Por qué?
- ¿Qué quiere decir que el cobre (Cu) es dúctil y por qué presenta esta propiedad?

La mayoría de alumnos respondieron bien al primer apartado, demostrando la capacidad de diferenciar una red iónica de una metálica y la influencia en sus propiedades.

La segunda pregunta tenía que ver con la existencia de enlaces de hidrógeno en la molécula de H_2O , y tan solo 3 o 4 estudiantes la contestaron de manera correcta. Esto pone de manifiesto que la mayoría de ellos no controlan el concepto de los puentes de hidrógeno, o bien que no relacionan la fusión y ebullición de un compuesto covalente con la ruptura de sus fuerzas intermoleculares.

La tercera pregunta demostró que el concepto de ductilidad no está muy asentado en la mente de los alumnos, ya que muchos pensaron que hacía referencia a la conductividad en lugar de a la capacidad de moldearse en forma de hilos.

En general, el examen dejó un balance de 12 aprobados y 11 suspensos, lo que supone una ligera mejora con respecto a sus anteriores exámenes. Entre los suspensos, 4 sacaron puntuaciones superiores a 3.5, lo que les exime de tener que presentarse a la prueba global de final de trimestre siempre y cuando compensen la nota con los siguientes exámenes. Los resultados totales se recopilan en la **Tabla 3**.

Tabla 3. *Puntuaciones totales*

Puntuación	Número de alumnos
[0, 2)	3
[2, 4)	5
[4, 5)	3
[5, 6)	4
[6, 8)	6
[8, 10]	2

En la tabla se muestra el número de alumnos que ha obtenido la puntuación que entra dentro de cada intervalo de valores establecido.

El otro resultado que me gustaría destacar es el de la valoración que hicieron los alumnos sobre la dinámica que habíamos seguido en las clases.

- En cuanto a la forma de dar clase, los alumnos han agradecido la realización de la presentación PowerPoint y especialmente del Kahoot, tildándolos de “acierto” y reconociendo que son “mejores que el libro” y que “ayudan a comprender mejor”. También han manifestado que las clases han sido “muy buenas, productivas y divertidas”.

- 2) De mi manera de explicar han agradecido que no me importara repetir lo mismo varias veces si a alguno le quedaba dudas. También han destacado que he sido “muy atento” con ellos, “justo en las calificaciones” a la hora de corregir el examen y “con ganas de enseñar, al contrario que otros profesores”.
- 3) La principal queja que han tenido los alumnos ha venido dada por la falta de tiempo. La mayoría de las recomendaciones de mejora pasaban por aumentar el número de clases o por dejar más tiempo a los alumnos para copiar, pero alguno también ha entendido que he intentado maximizar el poco tiempo que he tenido y así me lo ha hecho saber.

Discusión y consideraciones finales

Llegados a este punto, hemos de comprobar hasta qué punto se han cumplido los objetivos considerados al principio del trabajo.

La impartición de esta unidad didáctica ha venido desde el primer momento condicionada por la necesidad de realizarla en 4 sesiones, con la quinta correspondiente a un examen y la sexta a su corrección. Eso me ha impedido detenerme más en algunos apartados en los que veía más dudas, realizar algunas dinámicas diferentes que tenía preparadas o simplemente realizar más ejercicios para una mejor comprensión.

Dicho esto, creo que los resultados obtenidos en estas circunstancias no pueden calificarse de malos. Sobre todo, su comparación con anteriores exámenes de esa clase en la materia de Física y Química muestra que no están por debajo de la media.

La presentación Powerpoint que utilicé en clase fue subida a la página web propia del departamento de Física y Química del centro, por lo que los alumnos tuvieron la oportunidad de volver a verla las veces que quisieran si no habían sido capaces de copiar los conceptos a tiempo.

La realización del Kahoot pilló por sorpresa a los alumnos, que por lo general no muestran demasiado interés por las materias científicas y que tuvieron la posibilidad de repasar conceptos previos al examen de una manera dinámica, divertida y amena.

Como profesor, el uso del Kahoot me pareció una herramienta muy acertada para involucrar a la clase y formar una idea de cómo están entendiendo los conceptos los alumnos, pero a la vez motivarlos en el tema de estudio. No menos importante resulta la utilización del Powerpoint, que ciertamente requiere un elevado tiempo de preparación comparado con el libro de texto que ya viene redactado. Sin embargo, considero que la presentación ayudó a que los alumnos prestaran más atención de la que habrían prestado si me hubiera limitado a leer unos contenidos en el libro.

Los alumnos de hoy en día son “niños digitales”, han manejado todo tipo de aplicaciones digitales desde prácticamente su nacimiento, y entiendo que hacer el esfuerzo de coger un libro y estudiar (como se ha hecho siempre) es doblemente duro, porque requiere cambiar ese medio digital por otro más analógico y anticuado al que están menos acostumbrados y que les provoca más rechazo.

Entra aquí la importancia de saber renovarse y actualizar, si no los contenidos, al menos la manera de impartirlos. Este cambio ha de ser poco a poco, nunca de golpe, pero la introducción de este tipo de actividades que cada vez son más comunes nos hace darnos cuenta de que se va por el buen camino.

En sus valoraciones, la amplia mayoría de estudiantes agradecieron estas actividades, e incluso un par de alumnos reconocieron que no habían estado muy atentos en clase pero el Kahoot les ayudó a la hora de ubicarse en el temario.

Si nos fijamos en los resultados, 12 aprobados de 23 alumnos es un balance un tanto pobre, pero revisando los exámenes se notaba a la perfección que quien había estudiado bien no había tenido problemas para aprobar y que los alumnos con notas más bajas no habían abierto el libro. Falta desde luego trabajo a la hora de involucrar al alumnado a, si no llevar al día la asignatura, al menos estudiar para un examen. Pero esa concienciación tiene que venir del propio alumno, y en este asunto el profesorado nunca va a tener la última palabra.

Si comparamos las respuestas al examen con las ideas alternativas de las que hablaban González Felipe et al. (2017), podemos sacar varias conclusiones:

- Pese a haberse repetido varias veces en clase, los alumnos se siguen resistiendo a creer que los gases nobles estén aislados en forma de átomos, llegando al punto de que la mayoría de los estudiantes fallaron esa pregunta en el examen. Esta idea alternativa se ve muy a menudo, y son necesarias futuras propuestas de actuación para tratar de ponerle remedio.

- En mi caso particular, los alumnos no tuvieron problemas en asociar los cristales iónicos con la existencia de iones de cargas opuestas, posiblemente debido a mi insistencia en este concepto numerosas veces en clase. Sin embargo, este refuerzo presentó un inconveniente: bastantes alumnos llegaron a asociar la existencia de cristales en general con la existencia de iones. De este modo, no acertaron a la hora de reconocer los cristales covalentes y los metálicos, ya que en ellos no existen iones.

- Al hilo de la premisa anterior, que los metales no conducen la electricidad por carecer de iones es una idea alternativa que apareció cuando introduje el concepto de enlace metálico (porque no tiene aniones y cationes), pero al ser una idea que choca con la concepción de “metal” que tenemos habitualmente fue rechazada pronto por los alumnos. Sin embargo, dado que algunos alumnos tenían problemas a la hora de reconocer la estructura del enlace metálico, intentaron justificar la conductividad de los metales con otros términos que asociaban con este enlace, como ductilidad y maleabilidad.

- En mi caso, no se confundió el enlace covalente de la molécula de O_2 con un enlace iónico ni con ningún otro tipo de enlace. Durante las explicaciones les hice bastante hincapié en que los compuestos que habitualmente se encuentran en estado gas tienen un enlace covalente (excepto los gases nobles). La equivocación con el enlace metálico no es frecuente, puesto que asocian metal a un objeto sólido. En cuanto al enlace iónico, que podía dar más lugar a error, pienso que ha podido ayudar el hecho de aportar al aula distintos tipos de compuestos iónicos para que pudieran observar sus propiedades.

- Pocos alumnos confundieron la compartición con la transferencia de electrones, pero fue especialmente notable en la realización de las estructuras de Lewis del examen por parte de dos alumnos. Esto muestra que, si bien no es el mayor de los problemas que ha evidenciado este grupo, sí es una carencia que es preciso ayudar a mejorar.

- Tan solo unos pocos alumnos pensaron, a la hora de realizar el cuestionario inicial, que los átomos se unen por su tendencia a compartir electrones. Conforme avanzó la unidad y descubrieron los diferentes tipos de enlace, esa idea fue desechada por completo.

Todas las sugerencias de mejora de los alumnos iban encaminadas a la falta de tiempo. Esto puede servirnos para reflexionar de varias maneras. Por un lado, la evidente: el

tiempo necesario para hacer un proyecto de innovación debería ser más largo. Pero por otro lado, una conclusión que queda más oculta: frecuentemente, un profesor no tiene el tiempo que le gustaría tener para dar determinados contenidos, ya sea por festivos, excursiones, o bien porque el propio temario es tan extenso que no puede detenerse en detalles.

En estos casos, el docente tiene que reestructurar lo que ya tenía planeado, dejar en el tintero algunas actividades que ya tenía preparadas y avanzar más rápido de lo que le gustaría. Todo ese trabajo no se ve, porque no se luce. Y no hay nada como sufrirlo en primera persona para darse cuenta de que el trabajo de profesor es mucho más que la puntita del iceberg que se ve cuando eres un alumno.

En el ámbito personal, la verdad es que he salido muy reforzado de esta primera experiencia como profesor ante una clase de secundaria. Puede que el grupo no haya tenido unos resultados espectaculares, pero me acogieron muy bien, se portaron mejor de lo que yo esperaba y desde luego me dieron ganas de seguir aprendiendo a enseñar.

Referencias

- Furió, C., Solbes, J. y Carrascosa, J. (2006). Las ideas alternativas sobre conceptos científicos: tres décadas de investigación. *Revista Alambique*, 48, 64-77.
- González Felipe, M. E., Aguirre Pérez, C., Fernández César, R. y Vázquez Molini, A. M. (2017) Concepciones alternativas de los alumnos de Educación Secundaria sobre el enlace químico. *Revista de Didácticas Específicas*, 18, 26-44.
- López Simó, V., Couso, D., Simarro, C. Garrido, A., Grimalt, C., Hernández Rodríguez, M. I. y Pintó, R. (2017) El papel de las TIC en la enseñanza de las ciencias en Secundaria desde la perspectiva de la práctica científica. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, nº Extra, 691-698.
- Martínez Navarro, G. (2017). Tecnologías y nuevas tendencias en educación: aprender jugando. El caso de Kahoot *Opción: Revista de Ciencias Humanas y Sociales*, 83, 252-277.
- Méndez Coca, D. (2015). Estudio de las motivaciones de los estudiantes de secundaria de física y química y la influencia de las metodologías de enseñanza en su interés. *Educación XXI*, 18(2), 215-235.
- Simón, J. y Ojando, E. (2016). Interactuar con los estudiantes en clase con soporte TIC. En Roig-Vila, R. *Tecnología, innovación e investigación en los procesos de enseñanza-aprendizaje* (3049-3054). Barcelona: Octaedro.

Apéndice: Transcripción de las preguntas de la actividad con Kahoot

1. El enlace químico puede tener lugar...
 - a) entre átomos
 - b) entre moléculas
 - c) entre electrones
 - d) entre átomos y entre moléculas

2. Para que se establezca un enlace entre dos átomos...
 - a) han de formar un sistema más estable que los dos átomos por separado.
 - b) han de ser iguales.
 - c) han de ser diferentes.
 - d) han de rodearse del mismo número de electrones que de protones.

3. El compuesto Li_2O presenta un enlace...
 - a) iónico
 - b) covalente
 - c) metálico
 - d) de hidrógeno

4. La molécula HF es una molécula...
 - a) polar (los electrones están más cerca del F)
 - b) apolar
 - c) polar (los electrones están más cerca del H)
 - d) metálica

5. El CH_4 es un compuesto covalente apolar, y por lo tanto se disolverá...
 - a) sólo en agua
 - b) en agua y en otros disolventes polares
 - c) en disolventes apolares
 - d) en disolventes polares y apolares

6. En el enlace metálico...
 - a) se forman cationes y aniones
 - b) se forman aniones pero no cationes
 - c) se forman moléculas
 - d) se forman cationes pero no aniones

7. El grafito y el diamante están compuestos de átomos de C. La diferencia es...
 - a) el diamante es iónico y el grafito es covalente
 - b) el diamante forma estructuras en 3 dimensiones y el grafito forma capas
 - c) el grafito es soluble en agua y el diamante en disolventes apolares
 - d) el diamante conduce muy bien la electricidad y el grafito no

8. En el modelo atómico de Bohr...
- a) los electrones están incrustados en el átomo
 - b) los neutrones se mueven junto con los electrones
 - c) los electrones giran en órbitas alrededor del núcleo
 - d) los electrones se mueven en regiones del espacio (orbitales)
9. La configuración electrónica del átomo de Mg es:
- a) $1s^2 2s^2 2p^2 3s^2$
 - b) como la del Ne pero con 2 electrones más
 - c) $1s^2 2s^2 2p^6 2d^{10} 3s^2$
 - d) como la del Ne pero con 2 electrones menos
10. Los orbitales 3d...
- a) se llenan antes que los 4s
 - b) tienen forma de esfera
 - c) se van llenando en lantánidos y actínidos
 - d) son 5, así que caben 10 electrones en total
11. En condiciones normales, los gases nobles...
- a) están en forma de moléculas
 - b) no existen
 - c) están en forma de átomos
 - d) reaccionan violentamente con agua
12. El enlace de hidrógeno o puente de hidrógeno...
- a) está presente en la molécula de H_2
 - b) es una fuerza intermolecular especialmente fuerte
 - c) es un tipo de enlace covalente
 - d) se da sólo entre moléculas apolares
13. El elemento más pequeño del período 2 es...
- a) el litio
 - b) el flúor
 - c) el neón
 - d) el berilio
14. El Sb tiene 5 electrones en su capa de valencia. ¿Cómo están esos 5 e-?
- a) No tiene 5, sólo tiene 3 e- de valencia
 - b) 2 e- en el orbital 5s y 3 e- en el orbital $5p_x$
 - c) Los 5 e- en los orbitales 5p
 - d) 2 e- en el orbital 5s y 1 e- en cada orbital 5p

15. ¿Por qué el agua no puede mezclarse con el aceite o la gasolina?
- Puede mezclarse si se remueve mucho tiempo
 - Porque el agua es apolar, así que se mezcla con compuestos polares
 - Porque esos compuestos tienen menos densidad que el agua
 - Porque el agua es polar y los otros dos compuestos son apolares
16. Las moléculas de NaCl conducen la corriente eléctrica...
- en fundido o disueltas
 - siempre, también en sólido
 - el NaCl no forma moléculas
 - sólo disueltas en agua
17. El calcio es un metal alcalinotérreo. Esto quiere decir que normalmente...
- se desprenderá de dos electrones formando cationes Ca^{2+}
 - formará enlaces covalentes dobles para dar lugar a Ca_2
 - tenderá a recibir electrones para llenar sus orbitales 3d
 - formará enlaces metálicos sin desprenderse de sus electrones
18. Las sustancias covalentes son blandas (muy poca resistencia a ser rayadas). ¿Por qué?
- Porque en ellas es muy fácil separar las cargas
 - Porque la mayoría se encuentra en estado gas
 - Porque al rayarlas rompes fuerzas intermoleculares (débiles)
 - Esto sólo ocurre cuando hay enlaces múltiples
19. En el KCl, el K se encuentra en forma de iones K^+ . ¿Qué configuración tienen los iones K^+ ?
- La de los gases nobles
 - La misma que el K pero con un electrón más
 - La del Ar
 - La del Ne
20. ¿Qué quiere decir que los compuestos metálicos son dúctiles?
- Que pueden convertirse fácilmente en polvo
 - Que tienen una nube de electrones alrededor
 - Que pueden convertirse fácilmente en hilos
 - Que pueden convertirse fácilmente en láminas
21. Be, Mg, Ca. ¿Cuál es más reactivo?
- Be
 - Mg
 - Ca
 - Da igual, los tres son alcalinotérreos

22. Si la configuración electrónica de un elemento acaba por $4s^24p^5$:
- a) Está en el período 5
 - b) Está en el grupo 5
 - c) Es un halógeno, como el F o el Cl
 - d) Tiene 5 electrones en su capa de valencia
23. En el NH_3 , el átomo de N (5 e- de valencia) se une a 3 átomos de H mediante enlaces covalentes sencillos. ¿Qué le ocurre?
- a) El átomo de N no alcanza la configuración de gas noble
 - b) Este hecho le confiere una dureza especial
 - c) Debido a esto forma redes tridimensionales
 - d) Al átomo de N le sobran 2 e- que no comparte
24. La especie ${}^{11}_5B$ tiene:
- a) 5 protones, 5 electrones, 5 neutrones
 - b) 6 protones, 6 electrones, 5 neutrones
 - c) 5 protones, 5 electrones, 6 neutrones
 - d) 5 protones, 5 electrones, 11 neutrones
25. ¿Quién conduce mejor la electricidad de los siguientes compuestos?
- a) Un trozo de hierro sólido (Fe)
 - b) Un cristal iónico de NaBr sólido
 - c) Un cristal perfecto de diamante (C)
 - d) Un compuesto covalente líquido, como el H_2O

**ANEXO 2: PROYECTO DIDÁCTICO –
SECUENCIA DE ACTIVIDADES DE
ENSEÑANZA-APRENDIZAJE**

Proyecto Didáctico: Secuencia de actividades de enseñanza - aprendizaje

Los cambios químicos – 3º de ESO

Pablo López Nieto

Máster de Profesorado – Modalidad de Física y
Química



Facultad de Educación
Universidad Zaragoza

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	2
2. ANÁLISIS DEL CONTENIDO ACADÉMICO	2
3. IDENTIFICACIÓN DE LAS DIFICULTADES PARA EL APRENDIZAJE DE LOS CONTENIDOS	3
4. DETERMINACIÓN Y SECUENCIACIÓN DE LOS OBJETIVOS DE APRENDIZAJE	6
5. SECUENCIACIÓN DE ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE	7
Actividad 1. Cambios físicos y cambios químicos	7
Actividad 2. Análisis de noticias sobre reacciones químicas	8
Actividad 3: Ley de conservación de la masa – Práctica de laboratorio	8
Actividad 4: Factores que influyen en la velocidad de reacción – Práctica de laboratorio	11
Actividad 5: Ajuste de reacciones – Simulaciones	14
Actividad 6: El concepto de mol	15
Actividad 7: Cálculos estequiométricos	16
Actividad 8: Química en contexto – Trabajos grupales	17
6. REFERENCIAS	19

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo se basa en la propuesta y desarrollo de una secuencia de actividades de enseñanza-aprendizaje correspondientes a la asignatura de Física y Química. En concreto, se encuentra orientada al bloque temático de *los cambios químicos*.

Este bloque está ubicado en el currículo oficial a modo de cierre de 3º de ESO. La importancia de realizar una buena secuencia de actividades en este bloque radica en la dificultad de planteamiento de esta materia en 3º de ESO: la mayoría de los contenidos no son nuevos, ya que se han introducido en 2º, pero se añade una nueva capa de complejidad que también debe dar pie a ser mejorada puesto que se profundizará más en 4º curso. Sin embargo, dado que la asignatura Física y Química tiene un carácter optativo en 4º de ESO, este bloque va a ser el último acercamiento a la química para algunos alumnos, lo que evidencia la necesidad de cierto carácter concluyente.

En base a un análisis del contenido académico y de las dificultades de los alumnos se va a sugerir una secuenciación de objetivos didácticos correspondientes a este bloque. Posteriormente, se van a proponer una serie de actividades a través de las cuales se pretende que los alumnos logren dichos objetivos.

Las actividades pretenden buscar un equilibrio entre la teoría y la práctica, combinando metodologías activas como prácticas de laboratorio con reflexiones guiadas de conceptos teóricos. Mediante dichas actividades no se pretende que el alumno memorice y repita las respuestas, sino dirigirle hacia ellas a través de su propio razonamiento.

No se ha valorado la opción de realizar una prueba global para la evaluación del grado de cumplimiento de los objetivos, sino que se han incluido pequeños mecanismos de obtención de feedback por parte de los alumnos con intención de regular la secuencia, ya que en muchos casos no es posible alcanzar un objetivo si no se han interiorizado los anteriores.

2. ANÁLISIS DEL CONTENIDO ACADÉMICO

Según el currículo oficial, que en Aragón viene dado por la Orden ECD/489/2016, de 26 de mayo, este tema se trata en 3º de Enseñanza Secundaria Obligatoria, ocupando un bloque entero (Bloque 3) en un estadio en el cual la materia de Física y Química aún presenta carácter obligatorio.

Mediante un análisis de dicho currículo se han diferenciado los contenidos de ese bloque en contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales, con el fin de conseguir un mayor carácter pedagógico.

Contenidos conceptuales
- Fenómenos físicos y fenómenos químicos
- Concepto de reactivos, productos y reacción química
- Ley de conservación de la masa
- Teoría de colisiones
- Estequiometría
- Masa atómica, masa molecular y mol
- La química en la mejora de la calidad de vida
- Relación entre industria química y medio ambiente

Contenidos procedimentales
- Diferenciación entre cambio físico y cambio químico.
- Representación e interpretación adecuada de una reacción química
- Identificación de los reactivos y los productos en una reacción química
- Interpretación por medio de la teoría de colisiones del mecanismo de una reacción química y de los distintos factores que contribuyen a aumentar la velocidad de una reacción
- Realización del ajuste de reacciones químicas sencillas
- Resolución adecuada de ejercicios que involucran cálculos estequiométricos
- Adecuada relación del concepto de mol con la masa de una sustancia
- Correcta utilización de diferentes instrumentos prácticos de laboratorio y capacidad de descripción e ideación de experiencias sencillas en las que se produzcan reacciones químicas.
- Descripción de los principales problemas medioambientales, así como de las medidas para mitigarlos
- Realización de pequeños trabajos de investigación utilizando las TIC para la búsqueda, selección de información y presentación de conclusiones
- Valoración, gestión y respeto del trabajo individual y en equipo

Contenidos actitudinales
- Interés en la correcta realización de experiencias de laboratorio
- Cuidado con el material e instrumental de laboratorio
- Respeto por el trabajo en grupo y por las aportaciones de los demás.
- Sensibilización ante los problemas medioambientales de ámbito global y toma de conciencia de las principales soluciones.
- Interés por la química como agente de mejora de la calidad de vida de las personas.
- Concienciación de la industria química como clave en el progreso de la sociedad.

3. IDENTIFICACIÓN DE LAS DIFICULTADES PARA EL APRENDIZAJE DE LOS CONTENIDOS

La química es un factor de gran importancia en el mundo moderno. Ya sea en las reacciones a escala industrial, en la investigación de nuevos materiales o en el estudio de las propiedades y estructura de los compuestos más sencillos, estamos rodeados de química. Sin embargo, los alumnos conciben con frecuencia la química como algo aislado del día a día.

A esta descontextualización de la química contribuye la desinformación general de la sociedad, y es sin duda uno de los mayores problemas a los que se enfrenta el profesorado: la pérdida de la perspectiva de la química como algo normal lleva a que los alumnos construyan modelos mentales que se contradicen entre sí sin percatarse de las posibles incoherencias.

La principal labor del docente es la de tratar de recontextualizar la química en el aprendizaje de los alumnos. Para ello es necesario conocer qué nociones tienen los estudiantes del tema dado, que pueden ser correctas o pueden tratarse de lo que se conoce como “ideas alternativas”. Desde el punto de vista del constructivismo, la comunidad investigadora educativa ha puesto muchos esfuerzos en conocer las concepciones alternativas de los alumnos, no como un impedimento al aprendizaje sino como un punto de partida para llegar a construir los nuevos conocimientos científicos. (Furió, Solbes y Carrascosa, 2006).

Algunas de las ideas alternativas más recurrentes que presentan los alumnos sobre los conceptos correspondientes a esta secuencia de actividades son:

Cambio físico y cambio químico

Se han llevado a cabo varios estudios acerca de las ideas previas que presentan los alumnos en este tema. Dávila, Cañada, Sánchez Martín y Borrachero (2017) enuncian que un porcentaje mayoritario de alumnos de 3º de ESO identifica erróneamente un cambio químico con una disolución o una mezcla de sustancias. También observan un importante número de estudiantes que asocia la idea de cambio químico a cambio de estado.

Un apunte importante que realizan es que los alumnos identifican más fácilmente los cambios de estado del agua como cambios físicos, pero no los del resto de sustancias, achacando este error a la prevalencia en los libros de texto del ejemplo del agua y sus cambios de estado.

Teoría de colisiones

La teoría de colisiones es un modelo sencillo utilizado para la comprensión de los mecanismos de reacción, así como para introducir los primeros aspectos de la cinética de reacción en 3º ESO. De la Mata, Bernardo y Alda (2011) comprobaron que dos cursos más adelante, en 1º de Bachillerato, los alumnos siguen teniendo importantes problemas conceptuales de base al respecto, con pensamientos como que al aumentar la temperatura

aumenta la velocidad de una reacción porque las moléculas de reactivos se rompen en los átomos que las forman y luego esos átomos reaccionan entre sí.

La realidad, como todos sabemos, es bastante diferente: al aumentar la temperatura aumenta el número de choques eficaces entre las moléculas de los reactivos, lo que da lugar a una mayor velocidad de reacción.

Ley de conservación de la masa

Landau y Lastres (1996) observaron un desconocimiento absoluto de las ideas de esta ley incluso por parte de estudiantes que ya habían finalizado sus estudios secundarios. Ante una experiencia de oxidación de hierro en un recipiente herméticamente cerrado, menos de un 20% de los encuestados consideraba que la masa de sólido aumentaba y la de aire disminuía. Un número superior de alumnos pensaba que ninguna de las dos masas cambiaba, mientras que la mayoría de los alumnos respondía la opción totalmente incoherente de que una de las masas cambiaba y la otra no.

Como principal motivo proponen que la química que se enseña a nivel de secundaria frecuentemente enfatiza el nivel simbólico y la resolución de problemas, mientras que no hace las suficientes conexiones con el nivel macroscópico y el microscópico.

El concepto de mol

La idea de mol es tremendamente importante para la química dada su trascendencia a la hora de realizar cálculos estequiométricos. Sin embargo, su concepto teórico es costoso de entender, hecho al que no ayuda la ya comentada limitada incidencia de la didáctica de la química en el nivel microscópico.

Pero no sólo a los alumnos: Furió, Azcona y Guisasola (1999) estudiaron la comprensión de este concepto por parte de una serie de profesores en formación, y la mayoría de ellos evidenciaba una idea confusa sobre el mol como la unidad de cantidad de sustancia, confundiéndola mayoritariamente con una idea de masa o de número de entidades elementales.

Vistos estos problemas conceptuales en profesores, los problemas en alumnos son aún mayores, lo que añade mucha más dificultad a la hora de trabajar con los moles y con los problemas de cálculos estequiométricos.

Teniendo constancia de estas concepciones alternativas, el ejercicio del docente es intentar reconducirlas a modelos y conceptos mentales en los alumnos que perduren en el tiempo de manera eficaz.

4. DETERMINACIÓN Y SECUENCIACIÓN DE LOS OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

La interpretación de los análisis anteriores nos permite distinguir unos objetivos de aprendizaje, que se secuencian de la manera que sigue. Se considera que, a lo largo de esta lección, los alumnos deben ser capaces de:

- 1) Distinguir entre cambios físicos y cambios químicos.
- 2) Representar correctamente una reacción química, identificando los reactivos y los productos involucrados.
- 3) Reconocer y justificar la ley de conservación de la masa.
- 4) Construir un modelo mental del mecanismo que siguen las reacciones químicas que permita justificar un aumento de la velocidad de reacción debido a distintos factores.
- 5) Realizar el ajuste de reacciones químicas sencillas.
- 6) Interpretar correctamente el concepto de mol.
- 7) Resolver diferentes ejercicios de cálculos estequiométricos sencillos.
- 8) Contextualizar la química en el mundo y asociarla con los principales problemas medioambientales y sus posibles soluciones.

Justificación de la secuenciación: la mayoría de los objetivos de este tema se estructuran sobre el objetivo 2 como piedra angular. Todos ellos se encuentran secuenciados en orden cronológico, ya que necesitan de los anteriores para ser alcanzados. Para demostrarlo, revisaré estos objetivos en orden descendente.

2) Para identificar una reacción química y sus elementos han de saber diferenciar una reacción química o cambio químico de otro tipo de cambios (objetivo 1).

3) Para estudiar la conservación de la masa en una reacción química es necesario conocer el concepto de reacción química (objetivo 2).

4) Para construir un modelo mental sobre las reacciones necesitan conocer las reacciones químicas (objetivo 2). Además, al plantearlo justo después de la ley de conservación de la masa (objetivo 3), sirve como justificación de su resultado.

5) No es posible realizar el ajuste de una reacción química si no se conoce la representación de las reacciones químicas (objetivo 2).

6) Para interpretar las conclusiones de lo que supone el concepto de mol es importante tener una idea de las reacciones químicas (objetivo 2).

7) Para resolver ejercicios de estequiometría es necesario hacer uso de las magnitudes de masa, masa molecular y mol (objetivo 6), además del ajuste de reacciones químicas (objetivo 5).

8) El último objetivo, referente a los problemas medioambientales y sus soluciones, puede considerarse más transversal, pero en este nivel resultaría interesante para su análisis y justificación conocer las reacciones químicas involucradas (objetivo 2).

5. SECUENCIACIÓN DE ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

Actividad 1: Cambios físicos y cambios químicos

- Observa los siguientes fenómenos. ¿En cuáles de ellos ha cambiado la naturaleza de las sustancias? ¿En cuáles no lo ha hecho?
- a) Al presionar un muelle, se comprime.
 - b) Un vaso de vidrio se cae al suelo y se rompe en pedazos.
 - c) El hierro se oxida si se deja al aire el tiempo suficiente.
 - d) Una pastilla de aspirina se disuelve en agua.
 - e) El agua caliente que sale de la ducha se transforma en vapor de agua y empaña los espejos del baño.
 - f) La rueda de un automóvil gira y se desplaza de un lugar a otro.
 - g) En la respiración de los seres vivos, la glucosa se combina con el oxígeno y da lugar a CO_2 , H_2O y energía.

Esta primera actividad de enseñanza-aprendizaje está pensada como una actividad de iniciación al tema dado.

La intención educativa de este primer ejercicio es que el alumnado tome conciencia de que existen diferentes tipos de fenómenos que implican cambios, que más tarde les serán definidos como cambios físicos y cambios químicos.

La importancia de esta actividad radica en su cercanía al ámbito del día a día: la relación con experiencias cercanas a los alumnos (como un vaso de vidrio o el espejo del baño) capta más la atención que si se tratara de experiencias desconocidas para ellos y puede ser de mayor utilidad a la hora de distinguirlos, además de contribuir a dotar de contexto a la química.

Se trata de una actividad inicial planeada para realizar antes de una explicación, pero los alumnos ya han sido introducidos a este tipo de conceptos desde la educación Primaria. Sin embargo, debido al bajo grado de rigor de esas introducciones, se espera que los alumnos den todo tipo de respuestas erróneas: mayormente, que la aspirina cambia su naturaleza al disolverse y que el agua lo hace porque se transforma en vapor de agua. Estos dos supuestos (disoluciones y cambios de estado), que son donde más tienden a confundir los alumnos entre cambio físico y químico, tienen que servir como punto de partida al docente para comenzar su explicación de este tipo de fenómenos y así explicar por qué en estos casos no se ha producido un cambio en la naturaleza de las sustancias.

Debido a la simplicidad de las cuestiones, sería interesante para obtener feedback realizar una ronda de preguntas hacia los alumnos preguntando sobre si otros ejemplos cotidianos (prender una cerilla, golpear un balón de fútbol) son cambios físicos o químicos y comprobar en qué basan sus respuestas.

Actividad 2: Análisis de noticias sobre reacciones químicas

Busca una noticia, a través de Internet o en prensa escrita, que tenga que ver con reacciones químicas y responde a las siguientes preguntas.

- a) ¿Qué reacción o reacciones químicas aparecen en la noticia?
- b) ¿Por qué es importante esa reacción?
- c) ¿Qué reactivos se mencionan? ¿Y qué productos?
- d) Ahora trata de encontrar en Internet la ecuación química completa de la reacción y escríbela.
- e) ¿La noticia mencionaba todos los reactivos y productos que aparecen en la ecuación? Si no es así, ¿a qué crees que puede deberse?

El objetivo de esta actividad es que los estudiantes observen el tratamiento de las reacciones químicas por parte de los medios de comunicación, con los frecuentes errores u omisiones de información cometidos. Para ello realizarán el análisis de una noticia que tenga que ver con reacciones químicas. Con este ejercicio se pone en juego la competencia digital a la hora de buscar información utilizando las TIC.

Esta actividad está pensada para realizarse una vez introducidos los conceptos de reacción química, ecuación química, reactivos y productos. De este modo, los estudiantes podrán afianzar dichas ideas a la vez que contextualizan la química, adaptándola a situaciones más reales.

Puede ser realizada en casa o bien en clase en el aula de informática. Lo importante no es tanto dejar mucho tiempo para buscar las noticias, sino dedicar el tiempo necesario para su análisis y comentario.

La actividad presenta una dificultad superior a la que parece en un primer momento, ya que las reacciones que aparecen en los medios de comunicación son frecuentemente de una complejidad elevada para este nivel. Sería recomendable que el docente buscara también un par de ejemplos más sencillos y realizara el mismo análisis que los alumnos.

Actividad 3: Ley de conservación de la masa – Práctica de laboratorio

Esta actividad tendrá lugar en el laboratorio, y consistirá en una experiencia práctica que ponga de manifiesto la ley de Lavoisier. Los alumnos se distribuirán en grupos de unas 3-4 personas y rellenarán el siguiente guion de laboratorio:

GUION DE PRÁCTICAS: LEY DE CONSERVACIÓN DE LA MASA

1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

De acuerdo con la ley de conservación de la masa, en todo proceso químico, la masa total de las sustancias iniciales es igual a la masa total de las sustancias finales.

La formulación de esta ley por Lavoisier no fue algo sencillo, ya que, para poder generalizar los resultados, tenía que comprobar que la ley se cumple también en las reacciones que intervienen sustancias gaseosas.

Cuando el vinagre (ácido acético), $C_2H_4O_2$, reacciona con el bicarbonato de sodio, $NaHCO_3$, se forma una sustancia sólida, acetato de sodio ($NaC_2H_3O_2$), y se desprende una sustancia gaseosa, dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O). Si la experiencia no se realiza en un recipiente cerrado, los gases se escaparán y no podrán ser medidos junto con el resto de productos.

2. MATERIALES

- Una balanza.
- Un matraz Erlenmeyer pequeño.
- Un globo.
- Un vidrio de reloj.
- Una espátula.
- Bicarbonato de sodio.
- Vinagre.

3. ADVERTENCIAS

- Los reactivos que se van a utilizar en esta práctica no son tóxicos, pero el ácido acético del vinagre puede ser algo irritante. Evitar el contacto directo con los ojos y avisar al profesor ante cualquier signo de malestar.

4. PROCEDIMIENTO

- 1) Pesa, aproximadamente, 0'3 g de bicarbonato de sodio en el vidrio de reloj e introdúcelo en el fondo del globo.
- 2) Vierte vinagre en el interior del erlenmeyer. El vinagre va a ser el reactivo en exceso, así que echa alrededor de 25 mL.
- 3) Coloca el globo en la boca del matraz SIN VOLCAR AÚN EL GLOBO tal y como se muestra en la Figura 1. Pesa el conjunto y escribe el resultado en la Tabla 1 (Experimento 1).



Experimento	Masa (g)
1	
2	
3	

Figura 1. Montaje experimental. **Tabla 1.** Medida de la masa del conjunto.

- 4) Comprobando que el globo está bien sujeto a la boca del Erlenmeyer, mueve el globo para que se el vinagre y el bicarbonato se pongan en contacto.

a) ¿Por qué se infla el globo?

La reacción finaliza cuando ya no se observa efervescencia en el ácido.

b) ¿Qué reacción química tiene lugar? Escribe y ajusta la reacción. Identifica los reactivos y los productos.

- 5) Pesa el conjunto. Anota el resultado de la medida en la Tabla 1 (Experimento 2).

c) Compara la masa medida en el experimento 2 con la medida en el experimento 1. ¿Por qué ocurre esto?

- 6) Retira el globo de la boca del matraz, colócalo en la balanza y vuelve a pesar el conjunto. Escribe el resultado en la Tabla 1 (Experimento 3).

d) Compara la masa inicial (Experimento 1) y la masa final (Experimento 3) del conjunto. ¿Por qué no es la misma?

Esta actividad práctica está orientada a observar de manera experimental los resultados de la ley de conservación de la masa de Lavoisier. Por lo tanto, está pensada para ser realizada justo después de la explicación teórica de esa ley.

Además, esta práctica tiene también otros objetivos importantes: dotar a los alumnos de una cierta soltura en el manejo de utensilios propios de un laboratorio químico, así como acostumbrarlos a seguir un guion de laboratorio.

La ley de conservación de la masa es un contenido que puede haberse introducido de manera cualitativa en el curso anterior, 2º de ESO. Esta actividad va un paso más allá y pretende que sean los propios estudiantes los que comprueben que realmente se cumple esa ley a través de la manipulación del instrumental de laboratorio. Debido a la baja

peligrosidad de los reactivos no son necesarias más medidas de protección que las ordinarias.

Se espera que los alumnos relacionen el llenado del globo con la obtención de CO_2 como producto de la reacción, que comprueben que la masa es la misma antes y después de la reacción y que relacionen la masa perdida en el Experimento 3 con la masa de CO_2 que se ha escapado del sistema.

Realmente, a la hora de hacer la reacción, la masa sufrirá una pequeña disminución debido al empuje vertical hacia arriba que el CO_2 realiza sobre el globo. Esta variación, del orden de centésimas de gramo, puede considerarse despreciable o incluso evitar que suceda utilizando balanzas con una menor precisión.

Tras esta actividad, sería interesante introducir a los alumnos al siguiente contenido (la teoría de colisiones) a través del planteamiento de una reflexión, que puede ser guiada por las siguientes preguntas: ¿a qué puede deberse que la masa en una reacción se conserve? ¿De qué están formados los reactivos? ¿Y los productos? ¿Cómo pueden transformarse los reactivos en productos?

Actividad 4: Factores que influyen en la velocidad de reacción – Práctica de laboratorio

Esta actividad se realizará en el laboratorio. Allí, los alumnos se dispondrán en agrupaciones pequeñas de forma que se permita la maximización de los recursos del laboratorio. Todos los alumnos tendrán un guion de prácticas en el que se narrarán los pasos a seguir, así como unas preguntas que deberán contestar in situ.

GUION DE PRÁCTICAS: FACTORES QUE INFLUYEN EN LA VELOCIDAD DE REACCIÓN

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

La velocidad de reacción se define como la cantidad de sustancia formada por unidad de tiempo.

En esta práctica vamos a observar experimentalmente una serie de factores que influyen directamente en el número de choques eficaces que se producen entre los reactivos de una reacción química, y por tanto afectan a la velocidad.

1. MATERIALES

- Tubos de ensayo y gradillas
- Mechero
- Pipetas Pasteur
- Vasos de precipitados
- HCl diluido al 50%, al 25% y concentrado.
- Zn (en trozos pequeños y pulverizado)

2. ADVERTENCIAS

- En esta práctica vamos a llevar a cabo reacciones con HCl. Es MUY IMPORTANTE llevar puestas gafas y guantes en todo momento al tratar con este ácido.

- La reacción que se va a producir en esta práctica desprende calor. No tocar ni agarrar los tubos de ensayo mientras está teniendo lugar la reacción: los tubos deben permanecer en las gradillas.

3. PROCEDIMIENTO

Experimento 1

Tomar tres tubos de ensayo y colocar en cada uno de ellos, con ayuda de las pipetas Pasteur, HCl de cada concentración: diluido al 25% en el tubo 1, diluido al 50% en el tubo 2 y concentrado en el tubo 3. Añadir a las tres disoluciones un pedazo de Zn de similar tamaño.

Rellenar la siguiente tabla:

HCl	25%	50%	Concentrado
Velocidad			

¿Cuál ha sido la reacción que se ha llevado a cabo?
 ¿Cuáles son los reactivos? ¿Y los productos?
 Identifica qué son esas burbujas que se observan
 ¿Cuál es la diferencia entre el HCl diluido al 25%, al 50% y el HCl concentrado?
 ¿En qué experiencia ha sido mayor la velocidad?
 ¿Cómo puedes explicar eso?

Experimento 2

Tomar dos tubos de ensayo y colocar en ambos la misma cantidad de HCl diluido al 50%. Añadir al primer tubo de ensayo un pedazo de Zn como los de la experiencia anterior. Añadir al segundo tubo de ensayo una cantidad similar de Zn pulverizado.

¿Cuál es la mayor diferencia entre el Zn pulverizado y el Zn sin pulverizar?
 a) El Zn pulverizado tiene menos materia.
 b) Algunas partes del Zn sin pulverizar no están en contacto con el HCl al principio de la reacción, mientras que todo el Zn sin pulverizar lo hace.
 c) El Zn pulverizado es una sustancia pura, mientras que el Zn sin pulverizar es una mezcla y por eso reaccionan con diferente velocidad.
 ¿En cuál de los dos tubos ha sido mayor la velocidad?
 Explica por qué basándote en las respuestas anteriores

Experimento 3

Este experimento lo realizará el profesor.

Tomar dos tubos de ensayo y colocar en ambos la misma cantidad de HCl diluido al 25%. Añadir a ambos tubos la misma cantidad de Zn en trozos pequeños.

Acto seguido, calentar con un mechero uno de los tubos.

¿Qué diferencias observas entre las velocidades de la reacción en ambos tubos?
 ¿A qué crees que ha podido deberse?
 a) El fuego ha quemado los reactivos y han desaparecido.
 b) El fuego ha intervenido en la reacción como reactivo y se han obtenido otros productos diferentes.
 c) La temperatura de la llama ha hecho que los reactivos se muevan más deprisa.

A la vista de los resultados de los experimentos, ¿qué condiciones podrías proponer para aumentar la velocidad de una reacción química?

El objetivo principal de esta actividad de laboratorio es el de razonar, a partir de unos resultados experimentales, algunos de los factores de los que depende la velocidad de una reacción química. De la misma manera, también está pensada para familiarizar a los alumnos con la instrumentación propia de un laboratorio y acostumbrarlos al trabajo cooperativo en este entorno.

Esta actividad práctica está pensada para realizarse tras haber sido explicada la teoría de colisiones (y consecuentemente una vez se ha tratado el concepto de reacción química), ya que es clave para poder interpretar los resultados que se obtengan. En concreto, sería interesante plantearla justo después de haber estudiado esta teoría, como aplicación práctica que les permita interpretar algo observable por ellos como es la relativa velocidad a la que “desaparece” un metal como el zinc.

Cobra aún más sentido su realización en este punto porque es en este curso (normalmente en la evaluación anterior) cuando los alumnos se familiarizan con los conceptos de concentración (disolución, diluido/concentrado, diluido al 50%, etc).

En la primera pregunta del experimento 1 no se espera que el alumno deduzca la reacción ya que no tiene medios ni conocimientos necesarios para ello. Es el profesor al comienzo de la práctica quien debe introducirle la reacción a su clase: aunque no conozcan el tipo de reacción química de la que se trata ni su fundamento, sí que es importante que la tengan delante para que no tomen la práctica como algo descontextualizado. En esta pregunta sólo se valorará que el alumno sea capaz de representar la reacción química.

El razonamiento que se espera que lleven a cabo en el experimento 1 mediante la secuencia de preguntas propuesta es el siguiente: *“La reacción es $2\text{HCl} + \text{Zn} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2$. Los reactivos son el HCl y el Zn y las burbujas observadas corresponden al H_2 . La diferencia entre el HCl concentrado y el diluido es que, en el mismo volumen, en el concentrado existe una mayor cantidad de HCl que en el diluido. La velocidad ha sido mayor con el HCl concentrado, lo que se debe a que hay mayor cantidad de moléculas que han sido capaces de llevar a cabo choques eficaces con el Zn.”*

En el experimento 2 parece menos intuitivo que la diferencia esté en la superficie de contacto entre los reactivos, por lo tanto, se elige una pregunta de respuesta cerrada con el objetivo de hacer pensar a los alumnos acerca de esa posibilidad. Lo mismo ocurre con el experimento 3 y la llama. La pregunta final está propuesta con el objetivo de que los alumnos realicen una síntesis de todo lo aprendido en la práctica y lo pongan en juego: *“Para aumentar la velocidad de una reacción química necesitaré reactivos concentrados y pulverizados (o con una superficie de contacto amplia) y una temperatura alta.”*

La explicación teórica sobre los conceptos que se van a poner en juego en esta práctica se debería realizar al comenzar la siguiente sesión, de manera que sirva tanto para recibir feedback de los alumnos y que demuestren que entendieron la práctica, como para afianzar los conocimientos de aquellos que respondieron de manera correcta, así como para clarificar las ideas de los que no llegaron a las conclusiones adecuadas.

Actividad 5: Ajuste de reacciones – Simulaciones

Esta actividad se realizará en el aula de informática del centro.

Entra a las siguientes direcciones web y realiza las simulaciones que allí aparecen. Después, ajusta las siguientes reacciones.

Link 1: https://phet.colorado.edu/sims/html/reactants-products-and-leftovers/latest/reactants-products-and-leftovers_es_PE.html

Link 2: https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-chemical-equations/latest/balancing-chemical-equations_es_PE.html

- a) $\text{Fe} + \text{O}_2 \rightarrow \text{FeO}$
- b) $\text{C}_6\text{H}_6 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- c) $\text{KClO}_3 \rightarrow \text{KClO}_2 + \text{O}_2$
- d) $\text{CaO} + \text{C} \rightarrow \text{CaC}_2 + \text{CO}$

Esta actividad tiene como objetivo que los alumnos refuercen la práctica de ejercicios de ajuste de reacciones. Está pensada no como actividad de iniciación, sino después de una primera sesión teórica en la que les haya sido introducida la idea de ajuste estequiométrico.

El concepto de ajuste de reacciones y su ejecución (a estos primeros niveles, “a ojo”) es muy importante en el campo de la química. Esta práctica consiste en el uso de dos simuladores que pertenecen al proyecto *PhET Interactive Simulations* de la Universidad de Colorado. Está pensada para realizarse en una hora de clase, con aproximadamente 20 minutos para cada simulador.

La primera simulación, de nombre “Reaccionantes, productos y sobrantes” sirve para repasar de manera gráfica y visual los conceptos más básicos de las reacciones químicas, proporciones y reactivos en exceso.

La segunda simulación, llamada “Balanceando ecuaciones químicas”, adentra más en este concepto y es una buena herramienta para que los estudiantes practiquen el ajuste de reacciones como un juego.

La labor del profesor en esta actividad es la de guiar al alumnado, hacer una explicación previa y ayudar en todas las dudas que vayan surgiendo.

Las agrupaciones pueden ser de manera individual o por parejas, según los ordenadores o medios de los que disponga el centro, aunque se recomienda que se lleve a cabo por parejas para que puedan ayudarse mutuamente en caso de duda o confusión.

Actividad 6: El concepto de mol

Lee los siguientes textos y contesta a las preguntas que se plantean.

La importancia del mol

¿Cuántos granos de arena hay en todas las playas del planeta Tierra juntas? Obviamente es imposible contarlos uno a uno. El autor Jason Marshall (The Math Dude) realizó una estimación en la que propuso que en total hay alrededor de 560000000000000000000000 granos de arena. O lo que es lo mismo, $5,6 \times 10^{21}$.

¿Y si te dijera que en un gramo de oxígeno (el gas que respiramos, O_2) existe una cantidad de moléculas MAYOR que ese número? Y ya ni pensar en las cantidades de átomos y moléculas que participan en las reacciones químicas a escala industrial.

A la hora de trabajar con reacciones químicas, necesitamos una unidad que nos ayude a contar exactamente la **cantidad** de átomos o moléculas que tenemos. Igual que un par de zapatos denota una cantidad de 2 zapatos o una docena de huevos hace referencia a 12 huevos. Pero una cantidad mucho, mucho más grande.

Así es como surge el concepto de **mol**. Un mol se define como la unidad que equivale a **$6,022 \times 10^{23}$ unidades elementales** (átomos, moléculas o el objeto que queramos cuantificar). Este número tan grande recibe el nombre de **número de Avogadro (N_A)**.

De esta manera, igual que en una docena de moléculas de O_2 hay 12 moléculas de O_2 , en un mol de O_2 hay a $6,022 \times 10^{23}$ moléculas de O_2 . Si sabemos que cada molécula de O_2 está formada por dos átomos de oxígeno, podemos decir que hay $2 \times 6,022 \times 10^{23}$ átomos de oxígeno. O lo que es lo mismo, dos **moles** de átomos de O.

- En un mol de coches, ¿cuántos volantes hay? ¿Y cuántos moles de volantes? ¿Cuántas ruedas? ¿Y cuántos moles de ruedas?

- En un mol de moléculas de agua (H_2O), ¿cuántos moles de átomos de hidrógeno habrá? ¿Y cuántos moles de átomos de oxígeno? ¿A cuántos átomos de oxígeno corresponden esos moles de átomos?

¿Cuánto pesa un mol?

¿Pesan lo mismo una docena de huevos y una docena de camiones? Resulta obvio que no. Tampoco van a tener la misma masa un mol de átomos de H y un mol de átomos de Cl. Pero, ¿cómo sabemos de una manera sencilla **cuánto pesa exactamente** un mol de esas sustancias?

Para este fin se creó la **unidad de masa atómica (uma)** o dalton, que es una unidad que mide masas muy pequeñas (en concreto, $1 \text{ uma} = 1,66 \times 10^{-27} \text{ kg}$). La importancia de esta unidad radica en que **la masa de 1 mol de uma ($6,022 \times 10^{23} \text{ uma}$) corresponde a 1 g**.

Esta unidad nos permite trabajar de manera más fácil con moles de sustancia: si 1 átomo de carbono pesa 12 umas, 1 mol de átomos de carbono pesa 12 gramos. Si una molécula de H_2 pesa 2 umas, 1 mol de moléculas de H_2 pesa 2 gramos. Esta relación se puede expresar de manera matemática con la siguiente expresión:

$$n^{\circ} \text{ moles} = \frac{\text{masa (g)}}{\text{masa molecular (uma)}}$$

- Si una manzana pesa 200 g y una cereza 10 g, ¿Cuánto pesará un mol de manzanas? ¿Y un mol de cerezas?
- Un átomo de H tiene una masa de 1 uma, mientras que un átomo de F tiene una masa de 9 uma. ¿Cuál es la masa en uma de una molécula de HF? ¿Y la masa en gramos de un mol de moléculas de HF? ¿Cuál sería la masa en gramos de 5 moles de HF? ¿Y en uma?
- Tenemos 132 g de CO_2 . ¿Cuántos moles de CO_2 hay? ¿Y cuántos moles de átomos de O? ¿Cuál es el número exacto de átomos de O que tenemos?

Esta actividad se plantea con el objetivo de definir el término de mol, un concepto que no conocen de antemano ya que no lo han estudiado en cursos anteriores. El concepto de mol es de vital importancia en el ámbito de la química, y es una idea bastante difícil (sobre todo, en una primera aproximación) debido a su cualidad de abstracta.

Esta actividad se introduce en este punto porque es indispensable a la hora de trabajar con la estequiometría de las reacciones químicas, por lo que los estudiantes necesitan tenerlo claro antes de pasar al siguiente tema. Sin llegar a visualizar el concepto de mol tan en profundidad como en cursos posteriores, sí que es imprescindible para llegar a los cálculos estequiométricos que conozcan la igualdad $\text{mol} = \text{masa} / \text{masa molecular}$.

Dada la dificultad de comprensión de esta noción, se recomienda afianzar bien este concepto y repetir varias veces las ideas con el fin de aumentar su entendimiento. Hacia ello van encaminados los dos textos y las preguntas sugeridas, que no pretenden ser todas las cuestiones sino un modelo de éstas que se pueda aumentar en extensión y complejidad hasta un cierto límite.

El feedback por parte de los alumnos es sencillo de obtener: debido a la simplicidad de las cuestiones, se puede organizar una ronda de preguntas hacia todos los alumnos en la que quede de manifiesto lo bien o mal que se ha entendido el concepto.

Después de esta sesión deberían comenzar a introducirse los ejercicios de cálculos estequiométricos, que combinan las conclusiones sacadas del concepto de mol con la solvencia en el ajuste de reacciones.

Actividad 7: Cálculos estequiométricos

- El óxido de manganeso (IV) reacciona con ácido clorhídrico para dar cloruro de manganeso (II), cloro molecular y agua.
- a) Escribe y ajusta la reacción.
 - b) Hemos obtenido 180 g de cloruro de manganeso (II). ¿Cuántos moles hemos obtenido?
 - c) ¿Cuántos moles de óxido de manganeso (IV) han reaccionado? ¿Y cuántos moles de ácido clorhídrico?

- d) ¿A cuántos gramos de óxido de manganeso (IV) corresponden esos moles?
.....
- e) Se hacen reaccionar 50 g de cloruro de manganeso con 50 g de ácido clorhídrico. ¿Cuántos moles hay de cada uno de los reactivos?.....
- f) ¿Cuántos moles de productos se formarán?
- g) ¿Quedará algún reactivo en exceso?

El objetivo principal de esta actividad es el de practicar y reforzar los cálculos estequiométricos, pero aprovechando que es el concepto que cierra la unidad se le puede dar un enfoque de repaso del tema a través de las preguntas planteadas. Por ejemplo, pidiendo que escriban la reacción, que identifiquen los reactivos y los productos, que respondan preguntas más teóricas sobre el concepto de mol o de reactivo en exceso... También puede servir para recordar conceptos estudiados en la evaluación anterior, como es el caso de la formulación de compuestos inorgánicos sencillos.

Este ejercicio está pensado para guiar la manera de pensar del alumno, por lo que podría servir como modelo para una sesión inicial dentro de este repaso general. A medida que se fueran realizando más ejercicios, se omitirían algunas preguntas con el propósito de comprobar que los alumnos son capaces de realizar esas conexiones mentales con mayor soltura.

Se puede dedicar varios días completos a este repaso, en los que se puede obtener feedback de la realización de ejercicios o la contestación de preguntas por parte de los alumnos.

Es posible plantear las clases de problemas de varias maneras. Por un lado, se pueden realizar los ejercicios en casa y corregir en clase, pero eso tiene el problema asociado de que muchos alumnos no trabajan en casa. Por otro lado, se puede dedicar un tiempo para que los resuelvan en clase en pequeños grupos colaborativos. Esta opción, si bien acorta el tiempo que queda para corregir ejercicios, puede ser más efectiva, ya que el factor de colaboración entre los estudiantes permite que aquellos que tengan dudas o conceptos confundidos resuelvan sus confusiones sin necesidad de preguntar al profesor, que es algo que muchos alumnos rehúyen.

Actividad 8: Química en contexto – Trabajos grupales

Esta actividad consiste en la realización de una serie de trabajos en grupo que tienen que ver con dos grandes temas: la química en el medio ambiente y la química en diferentes contextos. La labor de los estudiantes, en agrupaciones de 4-5 personas, será la de realizar una exposición que defenderán delante de sus compañeros durante unos 5 minutos.

La clase se dividirá en varios grupos, cada uno de los cuales tendrá que hacer un trabajo sobre uno de los temas propuestos. Con el fin de guiar a los alumnos, se les

entregará una hoja con una serie de pautas que pueden servirles para orientar su trabajo. Algunos ejemplos de temas y pautas propuestas son los siguientes:

Grupo 1: Mayores problemas medioambientales en la actualidad

- Enunciar los principales problemas a los que se enfrenta el medio ambiente.
- ¿Cuáles son las reacciones químicas que los causan?
- ¿Por qué suponen un problema?
- ¿Hay alguna manera de solucionarlos?
- ¿Se está llevando a cabo alguna medida?

Grupo 2: Medidas para reducir la contaminación en la industria

- ¿Cuáles son los principales contaminantes que genera la industria química?
- ¿Mediante qué reacciones están generando esos residuos?
- ¿Están haciendo algo para solucionar ese problema?
- ¿Cuáles son las perspectivas de mejora?
- Aportar datos concretos de contaminación de alguna gran empresa (REPSOL, CAMPSA, etc).

Grupo 3: Impacto del dióxido de carbono, los óxidos de nitrógeno y los CFC en el efecto invernadero

- ¿Qué son los CFC?
- ¿Mediante qué reacciones químicas se generan?
- ¿Por qué estos gases suponen un problema?
- ¿Qué deberíamos hacer para solucionarlo?
- ¿Qué se está haciendo actualmente?

Grupo 4: Importancia de la industria química en España

- Orígenes de la industria en España.
- ¿Cómo evolucionó la industria química en España durante el siglo XX?
- ¿En qué situación está ahora la industria química en España?
- ¿El avance de la industria química ha tenido alguna mejora para nuestra sociedad?
- ¿Qué tipos de industrias químicas son los más importantes para nuestro país?

Grupo 5: La ciencia en los países del tercer mundo

- Posibilidad de dar un enfoque global (en general) o local (en una zona determinada, por ejemplo, África).
- ¿Cómo era la ciencia allí antiguamente?
- ¿Cómo ha evolucionado la ciencia en esos países?
- Aportar datos concretos de algún científico o científica importante que provenga de alguno de esos países.

Esta actividad tiene un carácter transversal, pero está pensada para ser realizada la última por ser la que mayor variabilidad presenta en cuanto a sesiones, duración, formato de presentación, etc. El resultado del trabajo puede ser una presentación PowerPoint, un póster, un vídeo... Es tarea del docente elegir un formato o dejar que los diferentes grupos escojan el formato que prefieran.

El objetivo principal de estos trabajos es que los alumnos contextualicen la química con circunstancias reales, como los importantes problemas que sufre el planeta (Trabajos 1, 2 y 3). De la misma manera, los trabajos 4 y 5 están enfocados a la comparación de la química tanto entre dos momentos diferentes de tiempo como entre dos contextos tan diferentes como son nuestro país y el tercer mundo.

Los trabajos se pueden mandar para realizar por cuenta propia fuera de las horas de clase, pero mi recomendación es que se dediquen varias sesiones de clase a que los alumnos elaboren sus trabajos, tanto a nivel de búsqueda de información (para lo cual se utilizará el aula de informática) como para grabar, realizar la presentación o el póster necesario. Esto ayudará tanto a los alumnos, que podrán preguntar dudas y trabajar en grupo más fácilmente; como al docente, que podrá observar el trabajo individual de cada uno de los componentes del grupo de cara a su evaluación.

Es indispensable dedicar al menos una sesión para la exposición de los distintos trabajos, ya que el propósito de la actividad es que todos los alumnos aprendan algo de todos los temas.

A la hora de evaluar los diferentes trabajos podría ser interesante el uso de una rúbrica que tenga en cuenta no sólo la presentación de cada grupo, sino la actuación individual en la exposición, el respeto a las exposiciones de los demás y el trabajo durante las sesiones de preparación.

6. REFERENCIAS

- Dávila, M. A., Cañada, F., Sánchez Martín, J. y Borrachero, A. B. (2017). Las ideas previas sobre cambios físicos y químicos de la materia, y las emociones en alumnos de educación secundaria. *Enseñanza de las ciencias*, nº extraordinario, 3977-3983.
- De la Mata, C., Bernardo, J. y Alda, E. (2011). Ideas alternativas en las reacciones químicas. *Revista Didácticas Específicas*, 5, 7-29.
- Furió, C., Solbes, J. y Carrascosa, J. (2006). Las ideas alternativas sobre conceptos científicos: tres décadas de investigación. *Revista Alambique*, 48, 64-77.
- Furió, C., Azcona, R. y Guisasola, J. (1999). Dificultades conceptuales y epistemológicas del profesorado en la enseñanza de los conceptos de cantidad de sustancia y de mol. *Enseñanza de las ciencias*, 17 (3), 359-376.
- Landau, L. y Lastres, L. (1996). Cambios químicos y conservación de la masa... ¿está todo claro? *Enseñanza de las ciencias*, 14 (2), 171-174.